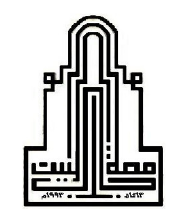
بسم الله الرحمن الرحيم



جامعة آل البيت
معهد الفلك و علوم الفضاء

تقنيات رادار الفتحة التركيبية و نظام تحديد المواقع العالمي في الاستشعار عن بعد
(جمع وتحليل بيانات)

Synthetic Aperture Radar (SAR) And Global Positioning System (GPS) Techniques In Remote Sensing (RS)
(Data Collection And Analysis)

إعداد

راقـــي صالـــح عـــمران

(٠٤٢٠٨٠٠٠٠٥)

إشراف

الدكتور رفيق كاندليان

٢٠٠٧ م

بسم الله الرحمن الرحيم

تقنيات رادار الفتحة التركيبية و نظام تحديد المواقع العالمي في الاستشعار عن بعد
(جمع وتحليل بيانات)

Synthetic Aperture Radar (SAR) And Global Positioning System (GPS) Techniques In Remote Sensing (RS)
(Data Collection And Analysis)

إعداد
راقـــي صالـــح عـــمران
(٠٤٢٠٨٠٠٠٠٥)

إشراف
الدكتور رفيق كاندليان

أعضاء لجنة المناقشة		**التوقيع**
الدكتور رفيق كاندليان	مشرفاً و رئيساً	----------
الدكتور حنّا صابات	عضواً	----------
الدكتور نور الدين شعير	عضواً	----------
الدكتور بركات البطاينة	عضواً	----------

قدّمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الماجستير في علوم الفضاء في معهد الفلك وعلوم الفضاء في جامعة آل البيت.

نوقشت وأوصي بإجازتها/ تعديلها/ رفضها بتاريخ: ....

الإهداء

إلى ...

والدي العزيز و والدتي الحبيبة...

وإخوتي الكرام...

وأصدقائي وأقربائي...

شكر و تقدير

أتوجّــه بالشكر الجزيل والامتنان العميق إلى الأســتاذ الــدكتور رفيــق كانــدليان المشرف الرئيسي على الرسالة الذي تكرم بالإشراف على هذا العمل وأمدني بالعون و الرأي الصائب طوال مرحلة هذه الدراسة، كما وأقدم جزيل الشكر للدكتور حنّــا صابات القائم بأعمال عميد معهد الفلك وعلوم الفضاء في جامعة آل البيت الذي لــم يتوانى لحظةً عن تقديم المساعدة والمشورة طوال فترة الدراسة في المعهد.

كما أتوجّــه بالشكر إلى المركز الجغرافي الملكي الأردني لما قدمه مــن الاهتمــام والمساعدة وتيسير الحصول على المرئيات الرادارية، إدارةً وعــاملين، وأخــص بالشكر الدكتور عوني خصاونة مدير قسم التخطيط في المركز الجغرافــي الملكــي الأردني لما قدمه من المساعدة والدعم والمشورة اللازمة في البحث. كمــا أتوجــه بالشكر إلى الأستاذ محمد سبتي من معهد علوم الأرض والبيئة في جامعة آل البيت لما قدمه من مساعدة في كيفية التعامل مع البرمجية المستخدمة.

قائمة المحتويات

الموضوع	*الصفحة*
العنوان	أ
الإهداء	ب
الشكر والتقدير	ج
قائمة المحتويات	د
قائمة الجداول	ز
قائمة الأشكال	ح
قائمة الملاحق	ك
قائمة الاختصارات	ل
الملخص باللغة العربية	م
الفصل الأول: مقدمة	
مقدمة	١
الفصل الثاني: الاستشعار عن بعد ونظام تحديد المواقع العالمي	
٢-١ الاستشعار عن بعد	٤
٢-١-١ نبذة تاريخية عن علم الاستشعار عن بعد	٤
٢-١-٢ تعريف الاستشعار عن بعد	٥
٢-١-٣ مصادر الإشعاع الكهرومغناطيسي	٥
٢-١-٤ أجهزة الاستشعار عن بعد	٦
٢-١-٥ أنواع الاستشعار عن بعد حسب طول الموجة	٧
٢-١-٦ أنواع المجسَّـــات	٧
٢-١-٧ الاستشعار عن بعد الميكروي	٨
٢-١-٧-١ الرادار	٩
٢-١-٧-٢ معادلة الرادار	١١
٢-١-٧-٣ رادار الفتحة الحقيقية	١١
٢-١-٧-٤ رادار الفتحة التركيبية	١٣
٢-١-٧-٤-١ مقدمة	١٣
٢-١-٧-٤-٢ مزايا رادار الفتحة التركيبية	١٤
٢-١-٧-٤-٣ المرئيات المأخوذة بهذه التقنية	١٥

٢-١-٧-٤-٤ النمذجة و إعادة البناء	١٧
٢-١-٧-٤-٥ الأقمار الحاملة لهذه التقنية	٢٠
٢-١-٧-٤-٦ التطبيقات العملية	٢٢
٢-١-٧-٤-٧ الدراسات السابقة	٢٣
٢-١-٨ تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الأجسام على سطح الأرض	٢٦
٢-٢ نظام تحديد المواقع العالمي GPS	٢٧
٢-٢-١ تمهيد	٢٧
٢-٢-٢ نظام تحديد المواقع العالمي	٢٧
٢-٢-٢-١ مقدمة	٢٧
٢-٢-٢-٢ مزايا النظام	٢٨
٢-٢-٢-٣ أقسام نظام تحديد المواقع العالمي	٢٩
٢-٢-٢-٤ إشارات أقمار نظام الــGPS	٣٢
٢-٢-٢-٥ مبادئ عمل النظام	٣٣
٢-٢-٣ المبدأ الرياضي	٣٤
٢-٢-٤ مصادر الخطأ في إشارة الــGPS	٣٦
٢-٢-٥ سلبيات النظام	٣٧
٢-٢-٦ التطبيقات العملية	٣٧
الفصل الثالث: الأدوات والمنهجية	
٣-١ مناطق الدراسة	٣٨
٣-٢ الأدوات المستخدمة	٣٩
٣-٢-١ المرئيات الرادارية	٣٩
٣-٢-٢ البرمجية المستخدمة والحاسوب المستخدم	٤٥
٣-٣ المنهجية	٤٥
الفصل الرابع: التحليل والنتائج والمناقشة	
٤-١ تجهيزالمرئيات الرادارية المستخدمة في الدراسة للمعالجة	٤٦
٤-١-١ عملية تجزيء المرئيات	٤٦
٤-١-٢ التصحيح الهندسي	٤٩
٤-٢ المعالجة الرقمية للمرئيات	٥٥
٤-٢-١ تصفية المرئيات	٥٥

٤-٢-٢ تحسين المرئيات	٥٥
٤-٢-٣ التصنيف (النتائج)	٦١
٤-٣ تقييم الدقة	٦٩
٤-٤ مناقشة النتائج وتحليلها	٧٥
الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات	
٥-١ الاستنتاجات	٧٨
٥-٢ التوصيات	٧٩
المراجع	٨٠
الملاحق	٨٦
الملخص باللغة الإنكليزية	٩٧

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	*الصفحة*
٤–١	مخطط تصنيف الغطاء الأرضي لمنطقة مأدبا	٦١
٤–٢	تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦ م	٧١
٤–٣	تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥ م	٧٢
٤–٤	تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦ م	٧٣
٤–٥	تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة البتراء ١٩٩٤ م	٧٤

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	*الصفحة*
٢-١	الطيف الكهرومغناطيسي	٦
٢-٢	النطاقات الموجية المستخدمة في الاستشعار عن بعد الميكروي	٨
٢-٣	اتجاه المدى، اتجاه السمت، نطاق المشاهدة	٩
٢-٤	رادار الفتحة الحقيقية	١٢
٢-٥	رادار الفتحة التركيبية SAR	١٣
٢-٦	التدرج الرمادي	١٦
٢-٧	المرئية الرقمية	١٧
٢-٨	النمذجة Sampling	١٨
٢-٩	التزييف Aliasing	١٩
٢-١٠	التسرب النفطي في الساحل اللبناني (٢٠٠٦م)	٢٣
٢-١١	أقمار الــGPS	٣٠
٢-١٢	آلية عمل قسم التحكم	٣١
٢-١٣	إشارات نظام الــ GPS	٣٣
٢-١٤	مبدأ التقاطع العكسي	٣٣
٢-١٥	المهمة الرئيسية للــ GPS	٣٤
٣-١	المناطق التي تغطيها المرئيات الرادارية المستخدمة في الدراسة......	٣٨
٣-٢	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبــا عــام ١٩٩٦م غير مصححة هندسياً	٤١
٣-٣	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦م غير مصححة هندسياً	٤٢
٣-٤	مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م غير مصححة هندسياً	٤٣
٣-٥	مرئية رادار الفتحة التركيبية الملونة لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥م غيــر مصححة هندسياً	٤٤
٤-١	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) غير الملونة لمنطقــة دمــشق عام ٢٠٠٥م غير مصححة هندسياً الناتجة عن عملية التجزيء	٤٧

٤-٢	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) غير الملونة لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م غير مصححة هندسياً الناتجة عن عملية التجزيء	٤٨
٤-٣	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي	٥١
٤-٤	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي	٥٢
٤-٥	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي	٥٣
٤-٦	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي	٥٤
٤-٧	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي	٥٧
٤-٨	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي	٥٨
٤-٩	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي	٥٩
٤-١٠	مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي	٦٠
٤-١١	مرئية رادار الفتحة التركيبية (SAR) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م الناتجة عن تطبيق خوارزمية التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة	٦٢
٤-١٢	استبدال ألوان التدرج الرمادي في المرئية الرادارية لمنطقة مأدبا بألوان كاذبة باستخدام خوارزمية Signature Editor	٦٣
٤-١٣	خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة مأدبا بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData) لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦م المعالجة رقمياً	٦٤

٤-١٤	التصنيف غير المراقب لمرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م	٦٥
٤-١٥	خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة دمشق بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData) لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ٢٠٠٥ م المعالجة رقمياً	٦٦
٤-١٦	خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة الأزرق بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData) لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦ م المعالجة رقمياً	٦٧
٤-١٧	خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة البتراء باستخدام مرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦ م المعالجة رقمياً	٦٨

قائمة الملاحق

رقم الملحق	عنوان الملحق	*الصفحة*
١	نطاقات الحزم المستخدمة في الاستشعار عن بعد	٨٧
٢	الأنظمة المدارية السابقة والحالية للـ SAR	٨٨
٣	وصف خوارزميات التحسين المتوفرة في برنامج ERDAS 8.4	٩٠
٤	خارطة المملكة الأردنية الهاشمية المستخدمة في تحديد مناطق الدراسة عليها	٩٢
٥	خارطة أنواع التربة في الأردن Soil Map of Jordan	٩٣
٦	خارطة تقسيمات المناطق في الأردن Land Regions in Jordan	٩٤
٧	خارطة استخدامات الأراضي في الأردن Land Use Map of Jordan	٩٥
٨	خارطة أنواع التربة في سورية Soil Map of Syria	٩٦
٩	خارطة استخدامات الأراضي في سورية Land Use Map of Syria	٩٧

قائمة الاختصارات

الاختصار	الاختصار كاملاً	*الاختصار باللغة العربية*
ERDAS	Earth Resources Data Analysis System	نظام تحليل بيانات الموارد الأرضية
ERS	European Remote Sensing Satellite	القمر الأوروبي للاستشعار عن بعد
ESA	European Space Agency	وكالة الفضاء الأوروبية
FFT	Fast Fourier Transform	تحويل فورييه السريع الأمامي
GPS	Global Positioning System	نظام تحديد المواقع العالمي
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	تحويل فورييه السريع العكسي
JERS	Japanese Earth Remote Sensing Satellite	القمر الياباني لاستشعار الأرض عن بعد
MSS	Multispectral Scanner	ماسح متعدد الأطياف
NASA	National Aeronautics and Space Administration	إدارة الطيران العالمي وإدارة الفضاء
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	اختلاف الفرق المطيع للمؤشر النباتي
RADAR	Radio Detection And Ranging	تقصي المدى وتحديده بموجات الراديو
RAR	Real Aperture Radar	رادار الفتحة الحقيقية
RS	Remote Sensing	الاستشعار عن بعد
SAR	Synthetic Aperture Radar	رادار الفتحة التركيبية
SIR	Space Imaging Radar	الرادار المصور الفضائي
SPOT	Satellite Pour L' Observation de la Terre	القمر الصناعي الفرنسي لمراقبة الأرض
TM	Thematic Mapper	الراسم الخرائطي
UTC	Universal Time Coordinates	نظام إحداثيات التوقيت العالمي
UTM	Universal Transverse Mercator	نظام إســقاط ميركــاتور المــستعرض العالمي

الملخص

تقنيات رادار الفتحة التركيبية SAR ونظام تحديد المواقع العالمي GPS في الاستشعار عن بعد

راقـــي صالـــح عـــمران

إشراف الدكتور رفيق كاندليان

معهد الفلك وعلوم الفضاء/ جامعة آل البيت

تم استخدام أربع مرئيات رادارية Radar Images مأخوذة باستخدام مجس رادار الفتحة التركيبية SAR من أقمار مختلفة لأربعة مناطق: ثلاثة في المملكة الأردنية الهاشمية (مأدبا بمساحة حوالي ٥١ كم × ٤١ كم، الأزرق بمساحة حوالي ٩٥ كم × ٦٦ كم، البتراء بمساحة حوالي٦٧ كم × ٢٦ كم) وواحدة في الجمهورية العربية السورية (دمشق بمساحة حوالي ١١٣ كم × ١٠١ كم) في إنتاج خرائط لغطاء الأرض في هذه المناطق من نبات وتربة وصخور...، وذلك اعتماداً على التحليل الرقمي باستخدام الحاسوب. وتم معالجة هذه المرئيات الرادارية رقمياً باستخدام برنامج إيرداس **ERDAS** حيث تم تطبيق خوارزمية التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة IsoData على كل مرئية من المرئيات المستخدمة.

وتم باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي GPS في الدراسة تحديد مواقـع النقـاط العـشوائية الحقلية بدقة جيدة (أقل من خمسة أمتار) وهذا بدوره أدى إلى تحسين تقييم الدقة فـي تـصنيف المرئيات من خلال استخدام مصفوفة الالتباس (Confusion Matrix)، وأظهرت نتائج التحليل الرقمي للمرئيات اختلاف دقة التصنيف الكلية من مرئية إلى أخرى حيث كانـت الدقـة الكليـة للتصنيف غير المراقب في كل من منطقة مأدبا، دمـشق، الأزرق، االبتـراء هـي: ٦٥,٨%، ٦٤,٣%، ٥٧%، ٦٠% على التوالي.

أظهرت النتائج اختلاف مقدار الدقة من صنف لآخر في نفس المنطقة وكذلك اخـتلاف مقـدار الدقة للصنف نفسه من منطقة لأخرى، كما أظهرت الدراسـة دقـة عاليـة لـصنف الغابـات والمحاصيل الحقلية عالية الكثافة وأيضاً كان هناك انخفاض واضح في دقـة صـنف المنـاطق المدنية. واعتماداً على هذه النتائج يمكن التوصية باستخدام مرئيـات رادار الفتحـة التركيبيـة لدراسة غطاء الأرض بشكل عام، وغطاء الغابات بشكل خاص في مناطق الدراسة والمنـاطق المشابهة.

الفصـــل الأول

مــقدمّــة

الفصل الأوّل
مقدمة

يعتبر علم الاستشعار عن بعد من أهم العلوم التطبيقية الحديثة في إدارة واستثمار موارد البيئة ومراقبتها، وعلى الرغم من أهميته البالغة وتوفيره للجهد والمال فلا يزال استخدامه وتدريسه في البلاد العربية قليلاً، ونظراً لقلة الأعمال والدراسات السابقة باللغة العربية حول هذا العلم بشكل عام، وحول استخدام المرئيات الرادارية بشكل خاص، تأتي هذه الدراسة لتضيف شيئاً – ولو قليلاً – حول كيفية استخدام هذا العلم وإبراز أهميته و النتائج الممكن كسبها باستخدامه وتطبيق استخدامه على عدة مناطق في الشرق الأوسط، مع لمحة سريعة عن نظام تحديد المواقع العالمي GPS لارتباطه الوثيق بهذا العلم، والعلوم المساحية والفضائية وغيرها.

تتناول هذه الدراسة موضوع دراسة وتحليل مرئيات رادار الفتحة التركيبية SAR لثلاث مناطق مختلفة في المملكة الأردنية الهاشمية بالإضافة إلى منطقة في الجمهورية العربية السورية، ومحاولة استنباط خرائط من هذه المرئيات تفيد في تحديد غطاء الأرض في هذه المناطق من نبات، وماء، وتربة.... الخ. وتقييم دقة هذه الخرائط باستخدام بيانات مرجعية وبالتالي تقدير إمكانية استخدام المرئيات الرادارية في مشاريع معينة (مثلاً تعتمد الانعكاسية الطيفية لبعض الأطوال الموجية الرادارية على المحتوى الرطوبي للتربة وبالتالي يمكن تحديد أماكن التربة القادرة على الاحتفاظ بالرطوبة و الصالحة للزراعة)، وذلك باستخدام برمجية حاسوبية خاصة بتحليل الصور الفضائية وهي برمجية إيرداس ERDAS.

مما سبق يمكن القول بأن هذه الدراسة ضرورية ومفيدة ومهمة للأسباب التالية:

١- إن منطقة الشرق الأوسط (و الوطن العربي عموماً) في معزل عن تكنولوجيا الفضاء (أو في بداية التوجُّه إليها) ولذلك لابدَّ من تضافر الجهود العربية من أجل إلقاء الضوء عليها و على استخداماتها الواسعة والتعريف بأهميتها و بالتالي التشجيع على توفير الدعم المالي والبشري لتحقيق المشاريع المستقبلية في مجال علوم الفضاء و الاستفادة منها في مناحي الحياة كافة.

٢- الحاجة إلى وجود مثل هذه المعلومات عن مناطق الدراسة لوضع برامج بيئية مستقبلية تساهم في عملية التنمية المستدامة لمناطق الدراسة.

٣- قلة الدراسات السابقة باللغة العربية التي تناولت موضوع الاستشعار عن بعد بشكل عام، و الاستشعار عن بعد في نطاق الأمواج الميكروية بشكل خاص، حيث كانت

جميع الأعمال و الدراسات السابقة (بالرغم من قلة عددها مقارنةً مع أهمية هذا العلم) تتناول موضوع الاستشعار عن بعد في نطاق الطيف المرئي حيث استخدمت صور لاندسات أو سبوت كمصادر للمعلومات ولم تبحث في موضوع استخدام المرئيات الرادارية.

ولذلك بناءً على ما سبق تأتي هذه الدراسة في محاولة لاستخدام هذه التكنولوجيا المهمة والاستفادة منها من السعي لتحقيق الأهداف التالية:

١– دراسة مناطق الدراسة الأربعة باستخدام بيانات رادار الفتحة التركيبية SAR المستخدم في تقنيات الاستشعار عن بعد RS و تحليل هذه البيانات رقمياً باستخدام برنامج ERDAS.

٢– تقييم دقة الخرائط (النتائج) الناتجة و إمكانية استخدامها في التخطيط لمشاريع مستقبلية، وبالتالي معرفة مدى دقة استخدام البيانات الرادارية في إنتاج مثل هذه الخرائط.

وتشتمل هذه الدراسة على خمسة فصول:

- **الفصل الأول: مقدمة**

هو الفصل الحالي، والذي هو عبارة عن مقدمة للبحث يتم فيها عرض لأهمية الدراسة وأسبابها وأهدافها.

- **الفصل الثاني: الاستشعار عن بعد ونظام تحديد المواقع العالمي GPS**

ويتضمن مقدمة عن علم الاستشعار عن بعد و مبادئه الفيزيائية وأنظمته، مع التركيز على الاستشعار عن بعد الميكروي وخاصةً رادار الفتحة التركيبية SAR، مع عرض لبعض التطبيقات والدراسات السابقة العربية والعالمية في هذا المجال، بالإضافة إلى لمحة نظرية موجزة عن نظام تحديد المواقع العالمي GPS الذي يستخدم بكثافة في هذا العلم ومعظم العلوم الأخرى.

- **الفصل الثالث: الأدوات والمنهجية**

ويتضمن هذا الفصل وصف للمرئيات المستخدمة في الدراسة ومواقعها الجغرافية على الخارطة، بالإضافة إلى التعريف بالأدوات المستخدمة من حاسوب وبرمجية، والمنهجية المستخدمة.

- **الفصل الرابع: التحليل والنتائج والمناقشة**

ويتضمن تحليل المرئيات الرادارية رقمياً مع شرح كيفية التحليل وخطواته باستخدام برنامج إيرداس ERDAS و استنباط خرائط من المرئيات الرادارية توضح غطاء الأرض Land Cover في المناطق المدروسة ومقارنتها مع البيانات المرجعية المتوفرة بهدف تقييم الدقـــة للأصناف المختارة وطريقة التصنيف المتبعة ومناقشة النتائج مناقشة منطقية والتعليق عليها.

- **الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات.**

ويشمل على بعض النقاط المستنتجة من الدراسة بالإضافة إلى بعض التوصيات المرتبطـــة بهذا المجال.

وأخيراً أرجو أن يعود هذا العمل بالفائدة والخير على الوطن والأمة العربية وأن أكون قـــد أضفت مرجعاً جيداً جديداً باللغة العربية في هذا العلم يساعد الباحثين وطالبي المعرفة في هـــذا المجال على التعرف والانتباه إلى هذا العلم المهم وضرورة توسيع و تعميم تدريسه واســـتخدامه في فروع العلوم المختلفة.

والله وليّ التوفيق ...

الفصل الثاني

الاستشعار عن بعد ونظام تحديد المواقع العالمي GPS

الفصل الثاني

الاستشعار عن بعد RS و نظام تحديد الموقع العالمي GPS

٢-١ الاستشعار عن بعد Remote Sensing:

٢-١-١ نبذة تاريخية عن علم الاستشعار عن بعد:

انطلق علم الاستشعار عن بعد Remote Sensing من اختراع آلة التصوير عام ١٨٣٩م، ولكن أخذت أول صورة من الجو عام ١٨٥٨م على ارتفاع ٨٠ متر لقرية فرنسية. ثم أخذت صورة لمدينة بوسطن عام ١٨٦٠م من منطاد على ارتفاع ٣٦٠ متر. ثم جاء اختراع الطائرة من قبل الأخوين رايت عام ١٩٠٣م الذي ساهم في تطوير التصوير الجوي. وتسارع تطور هذا العلم مع بداية عصر الفضاء والاتصالات بالأقمار الصناعية حيث أطلقت الولايات المتحدة الأمريكية صاروخاً عام ١٩٤٦م لغرض الاستكشاف الفضائي وصل لارتفاع ١٢٠ كيلومتر عن سطح الأرض، وفي عام ١٩٥٧م أطلق الاتحاد السوفييتي القمر الصناعي الأول. وبعدها أطلقت أمريكا أول أقمارها الصناعية في عام ١٩٥٨م. ثم بدأ سباق إطلاق الأقمار الصناعية وغزو الفضاء وسعت كل دولة إلى امتلاك سلسلة من الأقمار لتكون هي المسيطرة على هذه التقنية. (المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، ٢٠٠٥م).

يوفر علم الاستشعار عن بعد معلومات كثيرة وغزيرة عن الأرض، بحيث تستخدم هذه المعلومات في دراسة الظواهر الطبيعية والبشرية، ومما يميز هذا العلم أنه يوفر المعلومات عن منطقة ما دون الحاجة إلى الوصول إليها أو ملامستها، مما يجعله متقدماً على الطرق التقليدية في جمع المعلومات. ومن المعروف لدينا أن تطور أي بلد يعتمد على جمع وحصر المعلومات الخاصة بالموارد الطبيعية والصناعية والاقتصادية وغيرها، وذلك لاستخدامها في التخطيط المستقبلي أو لإيجاد الحلول للمشكلات المرتبطة بهذا البلد. وقد تعددت طرق ومصادر جمع المعلومات، ومن هذه الطرق: الطرق التقليدية، مثل الأعمال الميدانية والإحصاءات وغيرها. إلا أن التوسع في الحاجة إلى البيانات المكانية، سواء من حيث الحجم المساحي أو دقة التفاصيل، جعلت المصادر التقليدية غير كافية أو غير عملية من ناحية سرعة الحصول على المعلومة أو دقتها. (عبد رب النبي، ٢٠٠٠م)

فدعت الحاجة لابتكار طرق جديدة لجمع المعلومات، ومن هذه الطرق جمع المعلومات أو البيانات عن هدف ما دون الوصول إليه أو ملامسته وذلك ما يعرف اليوم بعلم الاستشعار عن بعد. الذي كان يعرف سابقاً بمصطلح تحليل ودراسة الصور الجوية Aerial Photo Interpretation وكان يقصد بذلك الصور الفوتوغرافية التي تؤخذ بواسطة الطائرات أو المناطيد أو غيرها باستخدام الأفلام التقليدية.

٢-١-٢ تعريف الاستشعار عن بعد:

استخدم مصطلح الاستشعار عن بعد لأول مرة سنة ١٩٦٠م. وهو عملية قياس أو الحصول على المعلومات لبعض خصائص الظواهر الطبيعية على سطح الأرض في جهاز تسجيل لا يحتك مباشرة بالهدف أو الظاهرة التي ندرسها، وذلك عن طريق دراسة الأشعة أو الطاقة الكهرومغناطيسية (بالموجات ما بين فوق البنفسجية إلى نطاق الراديو) التي تنعكس عنه والتي تحمل خواصه التي نريد دراستها فالاستشعار عن بعد يشبه عملية القراءة، ففي القراءة تتحسس العين البشرية الضوء المرئي المنعكس من الأجسام، أما في الاستشعار فهناك أجهزة تستشعر الطاقة المنعكسة من الأجسام، ولكن ليست هذه الطاقة فقط في المجال المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي. (عبد رب النبي، ٢٠٠٠م- ليلساند وكيفر، ١٩٩٤م- طربوش، ١٩٨٨- David,1999).

٣-١-٢ مصادر الإشعاع الكهرومغناطيسي:

يمثل الضوء المرئي أحد الأشكال الكثيرة من الطاقة الكهرومغناطيسية والتي تشع حسب قوانين ميكانيكا الكم (الكوانتم). وهي تنتقل بشكل موجي متناسق بسرعة الضوء في الفراغ C، بحيث:

$$c = \nu . \lambda$$

λ طول الموجة بالمتر [m]

ν التردد بـ ١/ثانية [s^{-1}] أو هيرتز Hertz

$c = 3 \times 10^{8}$ سرعة الضوء في الفراغ بالمتر/الثانية [m\s].

أما طاقة الفوتون حسب نظرية الكم فتنص على أن الإشعاع الكهرومغناطيسي يتألف من وحدات مستقلة (صُرَر) من الطاقة Pockets تسمى بـ (الكم) أو الفوتونات (ربابعة، ٢٠٠٣م) وتعطى بالمعادلة:

$$Q = h.v$$

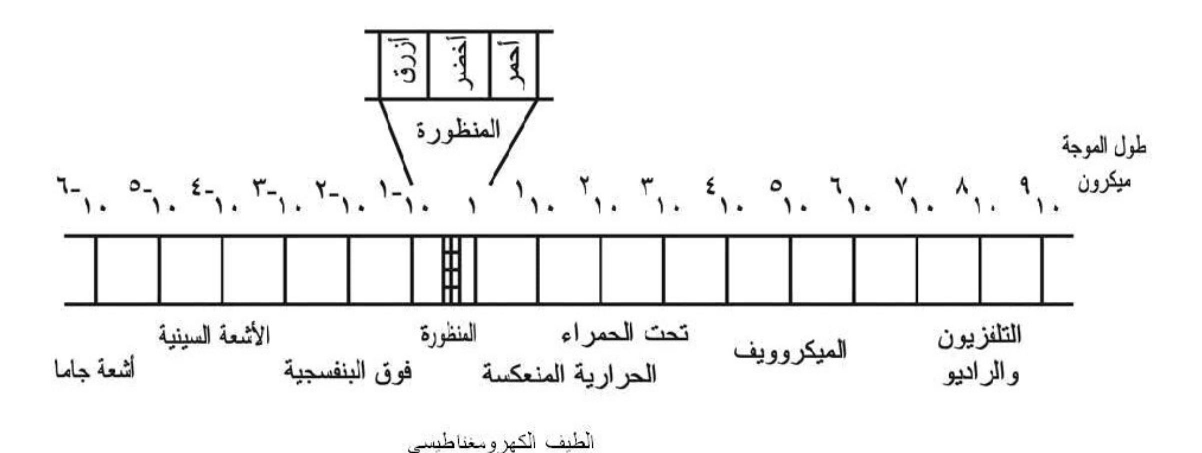
حيث

Q طاقة الفوتون مقدرة بالجول [J].

h ثابت بلانك Plank، ويعادل 6.626×10^{-34} جول.ثانية [J.S].

v التردد بـ ١/ثانية [s^{-1}] أو هيرتز Hertz

ويبين الشكل (٢-١) الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمثل جميع الأطوال الموجية الموجودة فـــي الطبيعة.



الشكل (٢-١) الطيف الكهرومغناطيسي

وتعد الشمس أهم مصدر للإشعاع الكهرومغناطيسي المناسب للاستشعار عن بعد، وكـــذلك كـــل مادة بدرجات حرارة فوق الصفر المطلق (0 كلفن=−273.15 س?) تبـــث باســـتمرار إشـــعاعاً كهرومغناطيسياً حسب قانون ستيفن-بولتزمان Stefan-Boltzmann $I = \sigma.T^4$ حيث:

I فيض الطاقة الإشعاعية مقدر بـــالواط/م² [W/m²].

σ ثابـــــت شـــــتيفان-بولتزمـــــان ويعـــــادل 5.6697×10^{-8} بالـــــ $[W.m^{-2}.K^{-4}]$.

T درجة حرارة الجسم بالكلفن [K].

لذلك تعد المعالم الأرضية أيضاً مصادر للإشعاع ولكن يختلف كثيراً عن الإشعاع الشمسي مـــن حيث الشدة أو التركيب الطيفي. (ليلساند وكيفر، ١٩٩٤م).

٢-١-٤ أجهزة الاستشعار عن بعد:

١- أجهزة الحصول على البيانات.

٢- أجهزة تحليل ومعالجة البيانات الرقمية.

٣- الأجهزة المعاونة في فهم السلوك الطيفي للمواد والأجسام الأرضية.
Spectral behaviour of earth materials and ground objects

٤- أجهزة تحديد الإحداثيات الأرضية GPS. Global positioning systems

(عبد رب النبي، ٢٠٠٠م)

٢-١-٥ أنواع الاستشعار عن بعد حسب طول الموجة:

تعتمد آلية العمل في الاستشعار عن بعد على استقبال الإشعاع الكهرومغناطيسي القادم من جهة الجسم المراد استكشافه (استشعاره) وهذا الإشعاع يكون بأحد الأنواع التالية (ويسمى نوع الاستشعار عن بعد باسم النطاق الموجي الذي يستخدمه):

- الأشعة الصادرة عن الجسم نتيجة درجة حرارته الداخلية وتسمى الأشعة تحت الحمراء الحرارية Thermal Infrared.
- الأشعة المرئية وتحت الحمراء المنعكسة بشكل طبيعي عن الأجسام على سطح الأرض Visible and Reflective Infrared.
- الأشعة الميكروية المنعكسة عن الأجسام اصطناعياً بواسطة الرادار والمستخدمة في الاستشعار عن بعد الميكروي Microwave Remote Sensing.(JARS, 1994)

وبتحرّي خصائص الإشعاع المستلم في أداة الاستشعار يمكن معرفة الكثير عن خصائص الأهداف المستشعرة حيث أن الإشعاع سواء كان مُشّعاً أصلاً من الجسم أو منعكساً عنه فإنه سوف يحمل الكثير عن خصائص الجسم المستشعَر الفيزيائية والكيميائية وتركيبه الهندسي.

ما يهمنا في هذه الدراسة هو النوع الأخير وهو الاستشعار عن بعد في نطاق الموجات الميكروية باستخدام الأقمار الصناعية.

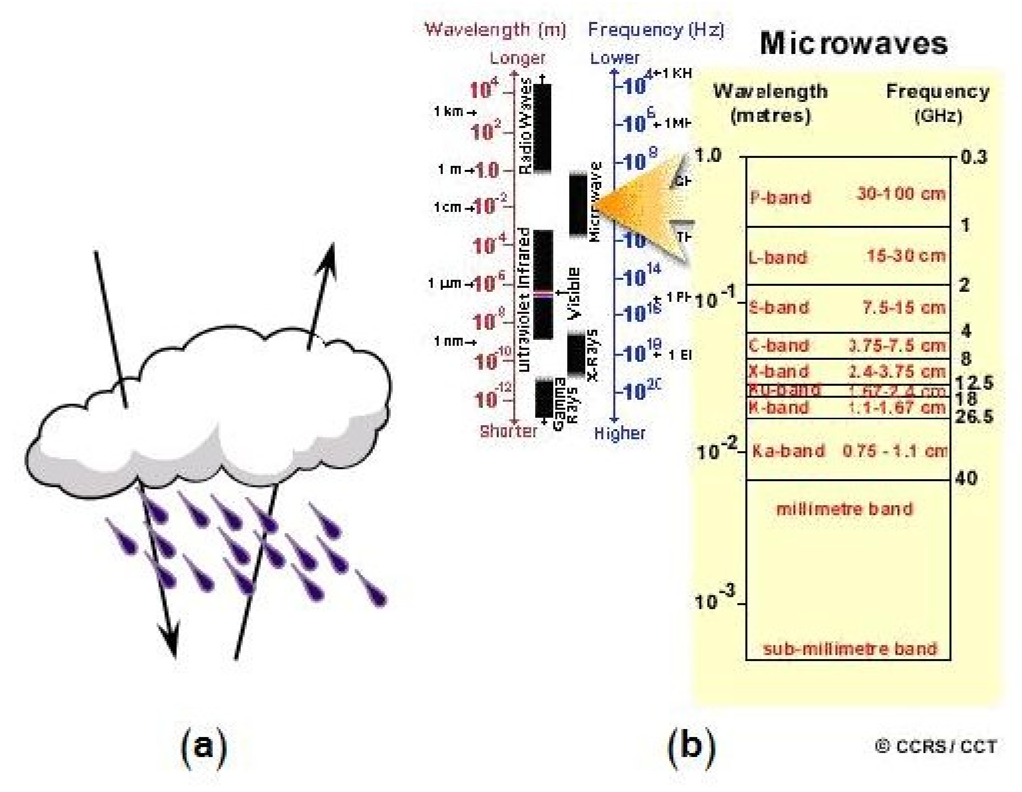
٢-١-٦ أنواع المجسَّات Sensors:

يمكن تقسيم أجهزة الاستشعار عن بعد حسب تعاملها مع الطاقة التي تتحسّسها إلى قسمين أساسيين هما:

- المجسات أو اللواقط النشطة Active Sensors: وهي التي ترسل طاقتها(أشعتها) من ذاتها نحو الشيء (الهدف) المراد دراسته و تستقبل المنعكس منه فتسجّله ومنها رادار الفتحة التركيبية SAR (Synthetic Aperture Radar).
- المجسات أو اللواقط الخاملة Passive Sensors: وهي التي تقتصر في الغالب على تسجيل الأشعة التي تبثها أو تعكسها الأجسام ويكون الإشعاع الكهرومغناطيسي في نطاق الطيف المرئي أو الحراري وأغلب اللواقط هي من هذا النوع كالـTM، والـIkonos الأمريكيين، والـspot الفرنسي وغيرها(القرني، ٢٠٠٥م).

٢-١-٧ الاستشعار عن بعد الميكروي Microwave Remote Sensing:

يستخدم الاستشعار عن بعد الميكروي (في نطاق الموجات الميكروية) الأطوال الموجية من ١ سم إلى بضعة عشرات من السنتيمترات. حيث يمكّن هذا الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي من الرصد والمراقبة في كافة ظروف الطقس وبدون أي تأثّر بالغيوم أو المطر الشكل (٢-٢-a)، سواءً في الليل أو في النهار (Al-Bilbisi *et al.* 2004; Curran, 1988) ويبين الشكل (٢-٢-b) الحزم الموجية المستخدمة في الاستشعار عن بعد الميكروي.



الشكل (٢-٢) النطاقات الموجية المستخدمة في الاستشعار عن بعد الميكروي
(الملحق رقم (١))

هناك نوعان من الاستشعار عن بعد الميكروي (كما هو نوع المجسّ) هما النشيط أو الفعّال Active و الخامل Passive. يستقبل النوع النشيط الأشعة المتشتّتة التي تنعكس من الأمواج الميكروية المرسلة والتي أُسقطت على سطح الأرض. و في هذا النوع تستخدم مجسّات رادار الفتحة التركيبية، مقاييس التشتت الميكروية Microwave Scatterometers، مقاييس الارتفاع الرادارية Radar Altimeters...الخ.

أما النوع الخامل فيستقبل الإشعاع الصادر عن الأجسام على سطح الأرض أو المنعكس عنها بشكل طبيعي، وفي هذا النوع يستخدم مقياس الأشعة الميكروية Microwave Radiometer. (JARS, 1993; GORS, 2005).

٢-١-٧-١ الرادار RADAR:

إن كلمة رادار RADAR هي اختصار لـ Radio Detection And Ranging وتعني تقصي المدى وتحديده بموجات الراديو وهو جهاز يرسل أو يبث أمواج راديوية ويستقبل ويسجل أصداء (انعكاسات) هذه الأمواج المنعكسة عن الأجسام.

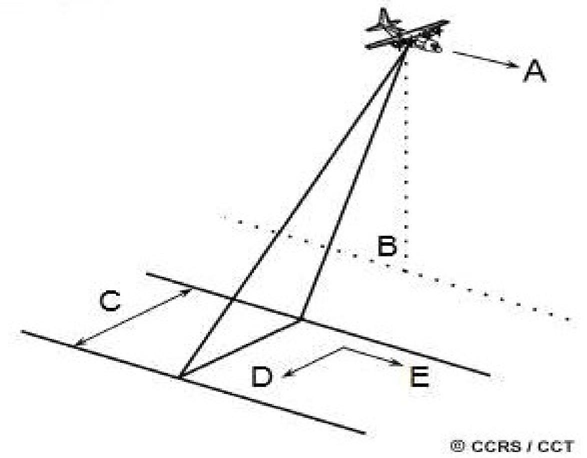
يوجد نوعان رئيسيان للرادار هما رادار الفتحة الحقيقية RAR (Real Aperture Radar) ورادار الفتحة التركيبية SAR (Synthetic Aperture Radar). تم تثبيت هذه الرادارات على منصات خاصة محمولة على طائرات خاصة في البداية، وبعد التطور الكبير في علوم الفضاء و تقنياتها تم وضعها في الفضاء على أقمار صناعية في مدارات حول الأرض. (ليليساند وكيفر،١٩٩٤م)

قبل البدء بالحديث عن نوعي الرادار الرئيسيين لا بد من التعريف ببعض المصطلحات الضرورية حيث سيتم التركيز فيما بعد على رادار الفتحة التركيبية بشيء من التفصيل لأنه الأفضل والأكثر استخداماً من رادار الفتحة الحقيقية وهو موضوع الدراسة والتحليل.

تعاريف:

- *اتجاه المدى Range:* يمثل الخطوط العرضية التي تتقاطع مع اتجاه حركة المنصة التي تحمل المجس.
- *اتجاه السمت Azimuth:* يمثل الخطوط الطولية التي توازي اتجاه حركة المنصة.
- *نطاق المشاهدة Swath Width:* ويمثل المنطقة المضاءة على الأرض بالإشارة المرسلة بشكل مائل ضمن زوايا يمينية بالنسبة لاتجاه الطيران.

ويبين الشكل (٢-٣) اتجاه السمت Azimuth و اتجاه المدى Range ونطاق المشاهدة Swath Width.(Cranknell, 1991; CCRS, 2005)



D-المدى ,E-السمت,C-نطاق المشاهدة

الشكل (٢-٣) اتجاه المدى، اتجاه السمت، نطاق المشاهدة

- *مُعامل التشتت المرتد (σ°) Backscatter Coefficient:* يحدد معامل التشتت المرتد σ° النسبة المئوية للطاقة الكهرومغناطيسية المنعكسة من مساحة محددة (ما يقابل خلية واحدة "One Pixel" على الأرض مثلاً ١٠م × ١٠م) إلى الرادار، ويعتمد على مميزات (بارامترات Parameters) السطح مثل الشكل الهندسي والرطوبة والخشونة بالإضافة إلى مميزات (بارامترات) الرادار مثل الطول الموجي والاستقطاب ...الخ.

(Richason and Benjamin, 1983; Hord, 1986)

- *قدرة التمييز Resolution:* أو الدقة التمييزية وهي عبارة تعني قدرة النظام البصري للمجس على التمييز بين الأجسام المتشابهة بعدياً أو طيفياً، وعلى ضوء ذلك هناك أربعة أنواع من الدقة التمييزية، (المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، ٢٠٠٥م) وهي:

١- الدقة التمييزية الطيفية Spectral Resolution: وهي تعني مدى وعدد أطوال الموجات في الطيف الكهرومغناطيسي التي يمكن للمجس أن يتحسسها.

٢- الدقة التمييزية الإشعاعية Radiometric Resolution: وهي مقياس لحساسية المجس للاختلاف الذي يحدث في قوة الإشارة الكهرومغناطيسية المنعكسة من الأرض.

٣- الدقة التمييزية الزمنية Temporal Resolution: وتعني المدة الزمنية التي يستغرقها المجس ليعود ويغطي نفس المنطقة، وهي ذات أهمية كبيرة في مراقبة التغيرات الفيزيائية التي تحدث لمنطقة معينة في فترات زمنية متتالية مثل التدهور البيئي، ورصد الكوارث.

٤- الدقة التمييزية المكانية Spatial Resolution: وهي أصغر مسافة على الأرض يمكن للمجس أن يميزها بين جسمين متجاورين. ولتحديدها في أية نقطة من المرئية الرادارية Radar Image[1] لا بدّ من حساب الميز (قدرة التمييز) في اتجاهين أي يجب حساب الميز باتجاه السمت والميز باتجاه المدى Range and Azimuth Resolutions (في معظم المرئيات الرادارية يكون الميز متساوي في الاتجاهين مثلاً في القمر الأوروبي ٣٠×٣٠متر) حيث أن الميز باتجاه المدى يتعلق بطول النبضة الميكروية Pulse Length فكلما كان طول النبضة أقصر كان الميز باتجاه المدى أدق وأفضل Fine Range Resolution، أما الميز باتجاه السمت فيتعلق بعرض الحزمة Beam Width

---

[1] نطلق كلمة صورة (Photograph) على الصور الضوئية المعروفة والمأخوذة في نطاق الضوء المرئي وكلمة مرئية (Image) على تلك المأخوذة في نطاقات أخرى غير الضوء المرئي كالمرئيات الرادارية.

والمسافة إلى الهدف فكلما كان عرض الحزمة أقل يكون الميز باتجاه السمت أعلى. (Jensen, 2005).

٢-١-٧-٢ معادلة الرادار:

تعطى المعادلة الأساسية للرادار بالعلاقة:

$$P_R = P_T(\sigma^0 A)\frac{G^2.\lambda^2}{(4\pi)^3 R^4}$$

حيث

P_R هي الطاقة المنعكسة إلى هوائي الرادار من هدف ذو مساحة واسعة.

P_T هي الطاقة التي أرسلها الرادار.

σ^0 هي معامل التشتت الراداري للهدف.

A هي مساحة خلية الميز لجهاز الرادار على الأرض.

G كسب (ربح) الهوائي باتجاه الهدف Antenna Gain.

λ طول الموجة لجهاز الرادار.

R هي المسافة بين الرادار والهدف.

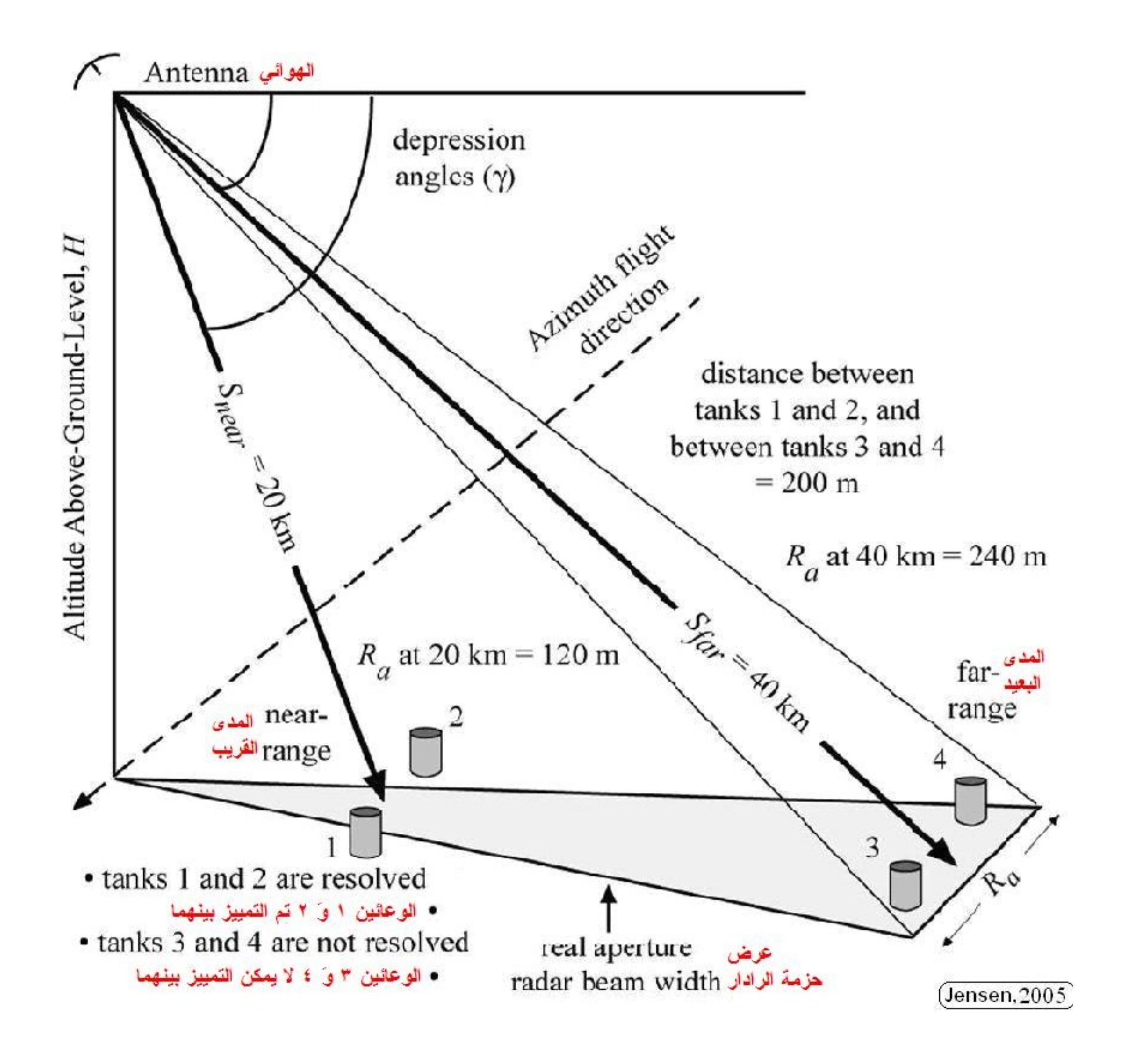
(David, 1999; Swain and Davis, 1978)

٢-١-٧-٣ رادار الفتحة الحقيقية RAR:

اصطلح مؤخراً على تسمية رادار الرؤية الجانبية المحمول جواً Side-Looking Airborne Radar (SLAR) رادار الفتحة الحقيقية حيث كان في السابق الرادار SLAR يضم إلى جانب رادار الفتحة الحقيقية RAR رادار الفتحة التركيبية SAR (ESA, 2007[١]). إن رادار الفتحة الحقيقية هو عبارة عن رادار ميكروي نشيط يبث حزمة ضيقة في المدى القريب Near Range وتزداد اتساعاً باتجاه المدى البعيد Far Range ضمن زوايا يمينية بالنسبة لاتجاه الطيران (الذي يسمى اتجاه السمت) كما في الشكل (٢-٤)، ويكون العرض الزاوي للحزمة Angular Beam Width متناسب طردياً مع طول الموجة للإشارة المرسلة وعكسياً مع طول الهوائي Antenna أي كلما كان طول الموجة أكبر يكون عرض الحزمة أكبر

[١] ESA هي وكالة الفضاء الأوروبية European Space Agency وموقعها الالكتروني www.esa.int.

و هذا يعني قدرة أقل للتمييز باتجاه السمت و لتحسينه ينبغي استخدام طول موجة أقصر وهــذا يعني لسوء الحظ قدرة اختراق أقل للغلاف الجوي والغطاء النباتي. (Jensen, 2005)



الشكل (٢-٤) رادار الفتحة الحقيقية

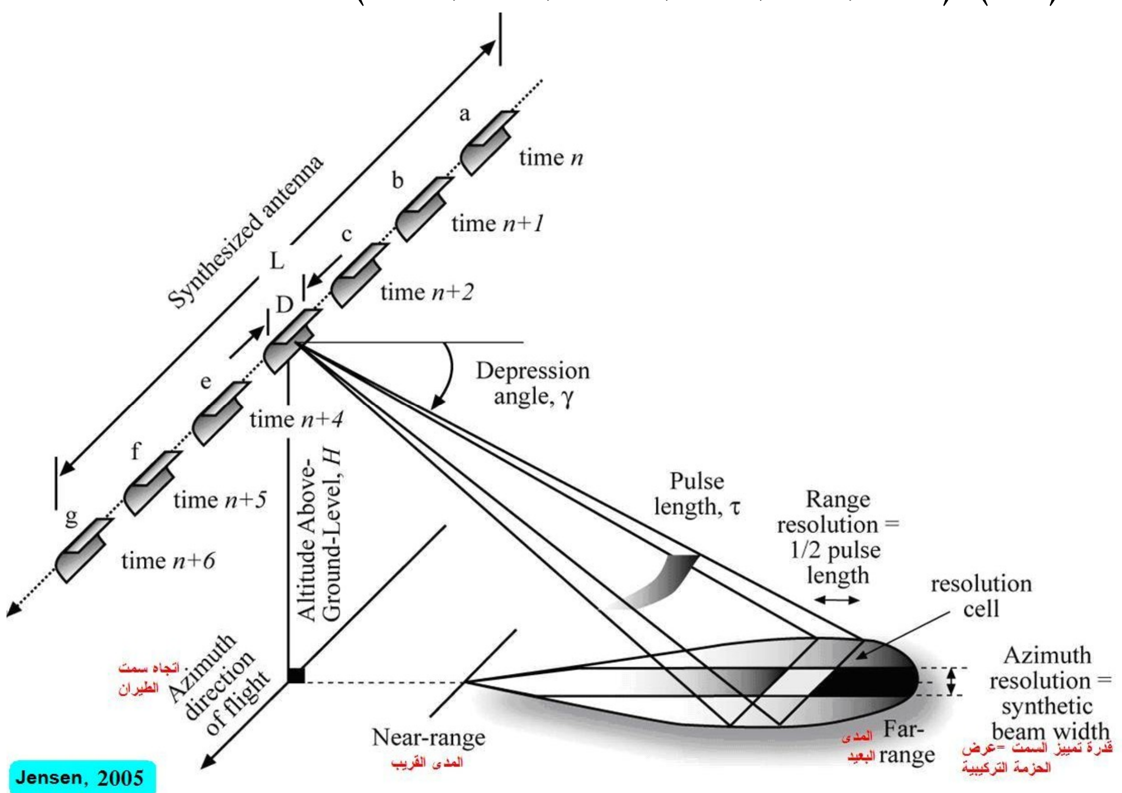
وهذا يعني أن تحقيق عرض أقل للحزمة يتطلب استخدام أطوال موجية أقصر وحجــم هــوائي أكبر، وحيث أنه من الصعب تحقيق هوائي ضخم بطول واحد كيلومتر من أجل الحصول علـــى ميز باتجاه السمت مقداره ٢٥متر باستخدام طول موجة ٢٥سم (L-Band) ومسافة عن الهـــدف مقدارها ١٠٠كم، لذلك فإنه لايمكن تحسين الميز باتجاه السمت باستخدام رادار الفتحة الحقيقيـــة لأسباب تقنية. (JARS,1993)

٢-١-٧-٤ رادار الفتحة التركيبية Synthetic Aperture Radar:

٢-١-٧-٤-١ مقدمة:

يعد رادار الفتحة التركيبية SAR أحد المجسات الفعالة المستخدمة في تقنيات الاستشعار عن بعد حيث يقوم بإرسال طاقة الى الأجسام و تسجيل الطاقة المرتدة عنها وتكون الطاقة على شكل إشعاع كهرومغناطيسي في نطاق الأمواج الميكروية.

ويعتبر رادار الفتحة التركيبية بديل عن رادار الفتحة الحقيقية لتحسين قدرة تمييز السمت، حيث يوفر لنا طول كبير للهوائي بالاستفادة من الحركة التقدمية للمنصة المحمول عليها، حيث يتم جمع الإشارات المنعكسة من مسار طيران طويل لتكون هوائي طويل جداً كما هو موضح في الشكل (٢-٥) .(JARS, 1993; Jensen, 2005; ESA, 2007)



الشكل (٢-٥) رادار الفتحة التركيبية SAR

في تقنية الاستشعار عن بعد في نطاق الامواج الميكروية التي تستخدم مجس رادار الفتحة التركيبية تكون البيانات على شكل مرئيات رادارية خصائصها تعتمد على الطول الموجي Wavelength و التردد Frequency والاستقطاب Polarization.

(Barrett and Leonard, 1992)

بالنسبة للطول الموجي فهناك عدة حزم متوفرة (الملحق رقم ١) و سنذكر هنا أشهرها و الأكثرها استخداماً في تقنيات رادار الفتحة التركيبية:

- الحزمة **X** يكون الطول الموجي ٢٤ ملم الى ٣٨ ملم أو بتردد مقداره ١٢,٥ جيجاهيرتز الى ٨ جيجاهيرتز (عادة يستخدم ٣٠ ملم و٣٢ ملم).
- الحزمة **C** يكون الطول الموجي ٣٨ ملم الى ٧٥ ملم أو بتردد مقداره ٨ جيجاهيرتز الى ٤ جيجاهيرتز (عادة يستخدم ٦٠ ملم و ٧٥ ملم).
- الحزمة **L** يكون الطول الموجي ١٥٠ ملم الى ٣٠٠ ملم أو بتردد مقداره ٢ جيجاهيرتز الى ١ جيجاهيرتز (عادة يستخدم ٢٣٥ ملم و٢٤٠ ملم و٢٥٠ ملم).

لقد سميت هذه الحزم بشكل عشوائي عندما كانت تستخدم للأغراض العسكرية.

(ربابعة، ٢٠٠٣- ERDAS, 1999)

٢-١-٧-٤-٢ مزايا رادار الفتحة التركيبية:

أولاً: الإيجابيات:

تمتاز تقنيات الاستشعار عن بعد التي تستخدم مجس رادار الفتحة التركيبية بالعديد من المزايا أهمها :

١- تعد تقنيات الاستشعار عن بعد التي تستخدم رادار الفتحة التركيبية أنظمة فعالة أي تقوم بإرسال طاقة إلى الأجسام وتسجيل الطاقة المرتدة عنها وهذا يوفر ميزة استخدامها في كافة الأوقات سواءً في الليل أو في النهار وفي كافة الظروف الجوية السائدة بوجود الشمس أو غيابها بسبب الغيوم.

(JARS, 1993)

٢- مرونة بيانات الرادار حيث يمكن التحكم بميل الحزمة الرادارية على المحور العمودي على الأرض (من صفر إلى ٦٠ درجة) بالإضافة إلى إمكانية تغيير مسار التصوير.

٣- الطول الموجي المستخدم في تقنيات الاستشعار عن بعد التي تستخدم مجس رادار الفتحة التركيبية يكون عالي بالنسبة للتقنيات الأخرى فيكون تأثير الغلاف الجوي أقل وتكون نسبة الإشارة Signal إلى الضجيج Noise عالية (**S/N**).

٤- القدرة الاندماجية للبيانات الرادارية مع بيانات أخرى مثل بيانات القمر الفرنسي SPOT والقمر الأمريكي TM وهذا يوفر مزيداً من المعلومات عن سطح الأرض وما تحت سطح الأرض.

٥- تعدد الدقة التمييزية واختلافها من ٨ متر إلى ١٠٠متر.

(عبد رب النبي،٢٠٠٠ م)

ثانياً: السلبيات:

يمكن القول بأن المرئيات الرادارية قليلة الاستخدام مقارنة مع الصور الضوئية وذلك للاسباب التالية: (Engen, *et al*, 1999)

١- صعوبة فهم محتوى المعلومات ومقدارها في بيانات رادار الفتحة التركيبية متعددة الاستقطاب والتردد.

٢- الحاجة إلى توفر البيانات المعايرة حول مناطق الدراسة.

٣- الحاجة إلى برمجية حاسوبية متطورة و سهلة المنال لاستغلال المعلومات الموجودة في المرئية.

٤- احتواء المرئيات الرادارية على انزياح التضاريس، و البقع أيضاً.

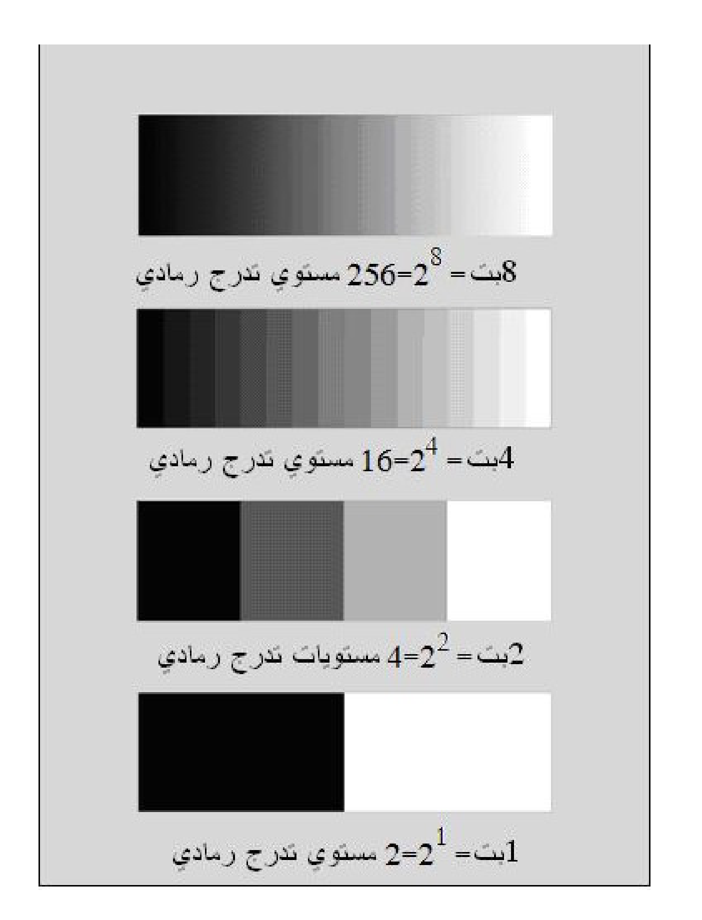
٢-١-٧-٤-٣ المرئيات المأخوذة بهذه التقنية:

في الحقيقية تكون المرئيات الرادارية مرئيات رقمية Digital Images أي تكون المرئية مقسمة إلى مربعات صغيرة جداً تدعى عناصر الصورة أو البيكسلات Pixels (picture elements) ويكون لكل مربع لون واحد، و حجم هذه المربعات هو المسؤول عن دقة التمييز في المرئية فكلما كانت هذه المربعات صغيرة تكون الدقة التمييزية للمرئية أعلى أي تحتوي على تفاصيل ومعلومات أكثر. ويترافق مع كل مربع عدد صحيح موجب يسمى العدد الرقمي (Digital Number (DN وعادة يأخذ قيمة من صفر إلى إمّا ٦٣ أو ١٢٧ أو ٢٥٥ أو ٥١١ أو ١٠٢٣ أو إلى ٢٠٤٧. (GORS, 2005)

وتمثل مجالات المدى المذكور مجموعة الأعداد الصحيحة التي يمكن تسجيلها باستخدام مقاييس ترميز حاسوب ثنائية Binary Computer Coding Scales ذات ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و ١٠ و ١١ بتات Bits على التوالي (أي $2^6 = 64$
$2^7 = 128$ & $2^8 = 256$ & $2^9 = 512$ & $2^{10} = 1024$ & $2^{11} = 2048$).

(الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، ٢٠٠٥م).

والتدرج الرمادي Gray Scale مقياس لشدة الإضاءة ويعبر عنه بالعدد الرقمي DN بحيث أن الرقم صفر يمثل اللون الأسود وأعلى قيمة تمثل اللون الأبيض (٢٥٥ في نظام ٨ بتات 8 Bits) وما بينها يكون التدرج الرمادي والشكل (٢-٦) يوضح التدرج الرمادي لأنظمة متعددة من البتات وتأثيرها على وضوح الصورة.



"الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، ٢٠٠٥م"

الشكل (٢-٦) التدرج الرمادي

- كيف يقرأ الحاسوب المرئية؟ أي كيف يعرف الجزء القاتم والجزء الفاتح من المرئية؟

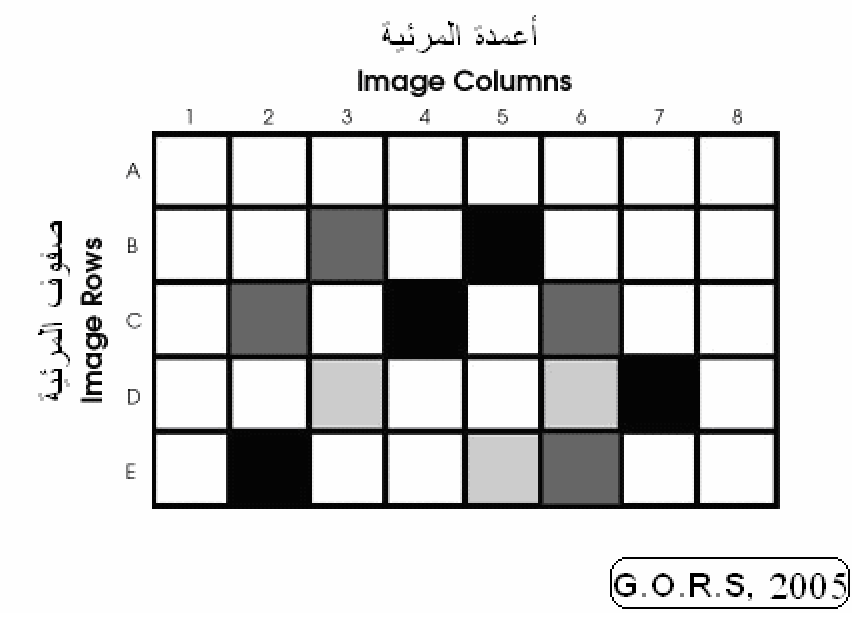
تفهم الحواسيب اللغة العددية numeric language ذات الأعداد الثنائية binary numbers والتي هي مجموعات من الأعداد المؤلفة من أصفار وآحاد والتي تعمل مثل مفتاح فتح-إغلاق فقط، حيث تستخدم شيفرات معينة للتحويل بين النظامين العشري والثنائي مثل:
0=00, 1=01, 2=10, 3=11 وهي تدل على أربعة ألوان في النظام ٢ بتات.

مثال:

ليكن لدينا المرئية الرقمية الموضحة في الشكل (٢-٧) والمؤلفة من ثمانية أعمدة و خمسة صفوف من البيكسلات بأربعة ألوان (نظام ٢ بتات): أسود، رمادي قاتم، رمادي فاتح، أبيض.

النقطة الأكثر سواداً يشار إليها في النظام الثنائي بـ 00، والرمادي القاتم بـ 01، والرمادي الفاتح بـ 10، والأبيض بـ 11. وبالتالي لدينا أربع بيكسلات سوداء (B5,C4,D7,E2) تخبرنا المركبة الفضائية أنها 00. وكذلك أربعة بيكسلات رمادية قاتمة (B3,C2,C6,E6) يشار إليها بـ01، وثلاثة رمادية فاتحة يشار لها بـ10، والباقي بلون أبيض يشار لها بـ11. تُحمل

هذه البيانات على موجة راديوية وترسل إلى محطات الاستقبال الأرضية حيث تترجمها الحواسيب (يعاد بناءها Reconstruct) إلى مرئيات.

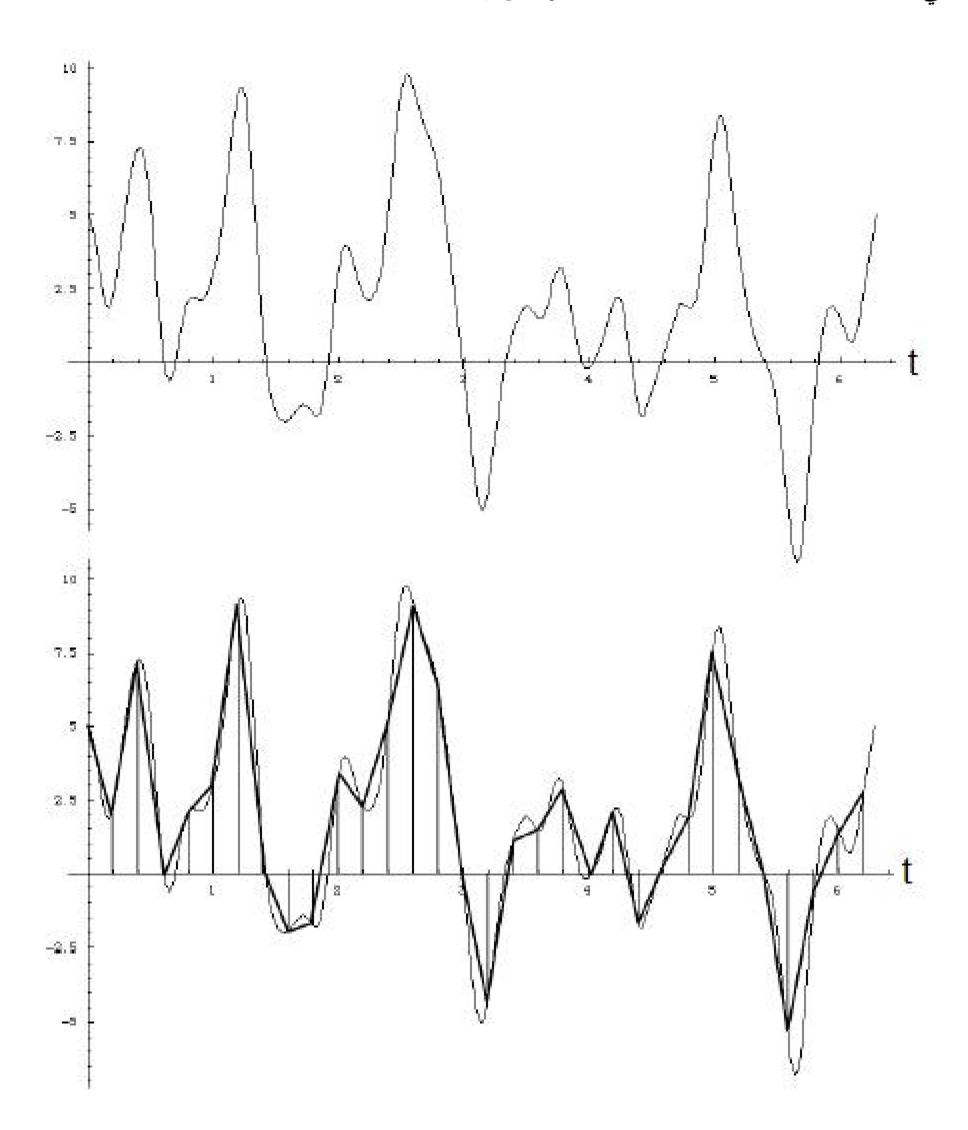


الشكل (٢-٧) المرئية الرقمية

إن أربعة ألوان من التدرج الرمادي تعطي مرئية ذات تباين Contrast كبير جداً ولذلك فإن المركبة الفضائية عوضاً عن استخدام الأعداد الثنائية بين 00 و 11 تستخدم سلسلة من ثمانية أعداد ثنائية تسمى بيانات ٨-بت 8-bit data والتي تتراوح من 00000000 إلى 11111111. وهذه تقابل في النظام العشري الأعداد من 0 إلى 255. وفي هذا النظام يشار إلى النقطة الأكثر سواداً في المرئية بالرمز أو الشيفرة 00000000 و للنقطة الأكثر بياضاً بالرمز 11111111.

٢-١-٧-٤-٤ النمذجة و إعادة البناء Sampling and Reconstruction:

تعرف النمذجة بأنها عملية تحويل الإشارة المستمرة Analogue Signal (أي التابعة للزمن المستمر Continuous Time) إلى متتالية رقمية Numeric Sequence تمثل إشارة متقطعة (تابعة للزمن المتقطع Discrete Time)، وذلك حتى نتمكن من تخزين الإشارة المستمرة الكترونياً ومن ثم إرسالها من القمر الصناعي إلى محطات الاستقبال الأرضية (Zhou, 2006)، ويوضح الشكل (٢-٨) عملية النمذجة للإشارة.

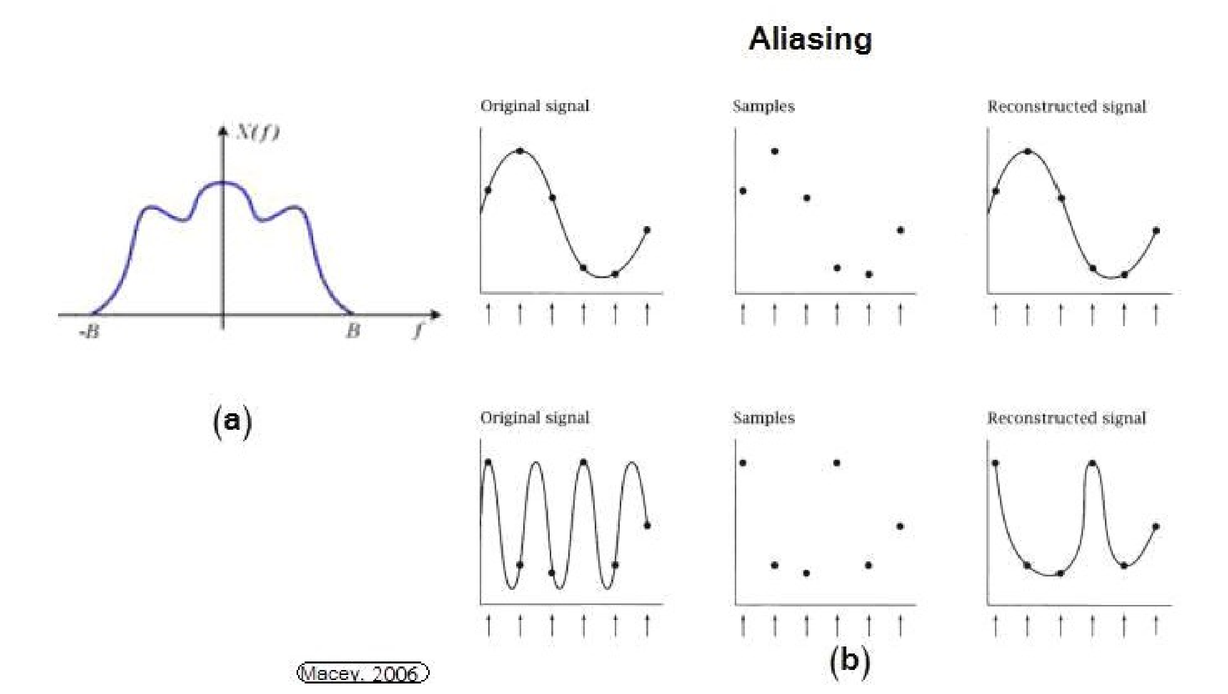


الشكل (٢-٨) النمذجة Sampling

وعند استقبال الإشارة في محطات الاستقبال الأرضية ينبغي إعادة بناء الإشارة الأصلية Reconstruction انطلاقاً من الإشارة المنمذجة Sampling Signal، ولتحقيق ذلك تستخدم نظرية نيكويست-شانُن Nyquist-Shannon الأساسية في النمذجة وإعادة بناء الإشارة.

- **نظرية نيكويست-شانُن Nyquist-Shannon:** وهي النظرية الأساسية المستخدمة في النمذجة وإعادة البناء. تنص هذه النظرية أن الإشارة المنمذجة هي تمثيل دقيق للإشارة المستمرة إذا كان التردد الأعظمي B أقل من تردد النمذجة f_s والذي يسمى تردد نيكويست Nyquist Frequency، إذن تتطلب هذه النظرية أن تكون الإشارة ضمن حزمة محدودة Band Limited أي لدينا تردد أعظمي هو B كما في الشكل (٢-٩- a)، وأن يكون تردد

النمذجة f_s ضعفي التردد الأعظمي للإشارة B على الأقل، لأن خلاف ذلــك سيؤدي إلى حدوث ظاهرة التزييف Aliasing الموضحة تماماً في الشكل (٢-٩ b). (Macey, 2006)



الشكل (٢-٩) التزييف Aliasing

رياضياً:

ليكن $x(t)$ هي القيمة الحقيقية للإشـــارة المـــستمرة Real-Valued Continuous-Time Signal، وليكن $X(f)$ هي تحويل فورييه، بالتالي

$$X(f) = F\{x(t)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t).e^{-i.2\pi\ f\ t}.dt$$

وهذا يعني $X(f) = 0$ عندما $|f| > B$ وعندها فإن تردد النمذجة (تــردد نيكويـــست) المطلوب كشرط لعدم حدوث التزييف ينبغـــي أن يحقــق المتراجحـــة $f_s > 2B$ (Zhou, 2006)، وبالتالي يمكن إعادة بناء الإشارة الأصلية المستمرة انطلاقاً مـــن الإشـــارة المنمذجـــة (متتالية رقمية Samples) وبكفاءة عالية باستخدام تردد نيكويست.

٢-١-٧-٤-٥ الأقمار الحاملة لهذه التقنية:

إن الأقمار الحاملة لرادار الفتحة التركيبية SAR قليلة مقارنة مع العدد الكبير من الأقمار التي تستخدم مجسّات خاملة بالتصوير في نطاق الضوء المرئي، وهذه الأقمار وفرت كمية كبيرة من البيانات التي مازال قسم كبير منها ينتظر التحليل، حيث أنه حتى الآن يعد استخدام هذه البيانات قليل (ربما لصعوبة التعامل معها نوعاً ما) على الرغم من الكم الهائل من المعلومات التي يمكن أن توفرها البيانات الرادارية ويتوقع الاستفادة منها بشكل أكبر في المستقبل.

(عبد رب النبي، ٢٠٠٠م)

من أهم هذه الأقمار:

- الأقمار الكندية وهي القمر RADARSAT-1 والذي أطلق عام ١٩٩٥م والقمر RADARSAT-2 والذي أطلق في عام ٢٠٠١م، وكلاهما يعملان حتى الآن، وهما يستخدمان النطاق C بطول موجة ٥,٧ سم وباستقطاب HH (استقطاب أفقي للاستقبال والإرسال).
- الأقمار الأوروربية وهي القمر ERS-1 والذي اطلق عام ١٩٩١م وانتهى عمله في عام ٢٠٠٠م والقمر ERS-2 والذي أطلق عام ١٩٩٥م ولايزال يعمل حتى الآن والقمر ENVISAT والذي اطلق عام ٢٠٠١م ويحمل نسخة مطورة من رادار الفتحة التركيبية تدعى ASAR (Advanced SAR) ، وهي تستخدم النطاق C بطول موجة ٥,٧ سم.
- القمر الياباني JERS-1 والذي أطلق عام ١٩٩٢م وهو يستخدم النطاق L بطول موجة ٢٣,٥ سم ونظام استقطاب HH وقدرة تمييز بحدود ١٨متر.

(David, 1999; Jensen, 2005; ESA, 2007)

وهناك العديد من الأقمار الأخرى كالقمر الروسي (١٩٩٨م) ALMAZ 1B SAR بثلاث نطاقات موجية والأقمار الأمريكية بدءاً من القمر SEASAT عام ١٩٧٨م ومروراً بالبعثات العلمية التي حملت رادار التصوير الفضائي SIR-A in 1981 and SIR-B in 1984 وصولاً إلى البعثة المشتركة بين وكالات الفضاء الأمريكية NASA والألمانية DARA والإيطالية ASI[١] وهي SIR-C\X-SAR و عملت بثلاث نطاقات موجية أيضاً...الخ. (الملحق رقم (٢)).

---

[١] National Aeronautics and Space Administration (NASA), the German Space Agency (DARA), and the Italian Space Agency (ASI).

في هذه الدراسة تم استخدام أربع مرئيات رادارية، مرئيتان مأخوذتان بواسطة رادار الفتحة التركيبية المحمول على القمر الكندي RADARSAT-1 (منطقتي مأدبا والأزرق) وواحدة بالقمر الأوروبي ERS-2 (منطقة دمشق) وواحدة بالبعثة المشتركة بين أمريكا/ألمانيا/إيطاليا (منطقة البتراء)حيث حمل المكوك الفضائي إنديفر Space Shuttle Endeavour رادار التصوير الفضائي Space Imaging Radar SIR-C\X-SAR. وفيما بعض المعلومات الخاصة عن كل قمر من هذه الأقمار الثلاثة:

أ- *القمر الكندي RADARSAT-1:* أطلق هذا القمر في ١٩٩٥/١١/٤م وما يزال قيد العمل حتى الآن، يدور في مدار قريب من القطبي Near-Polar Orbit متزامن مع الشمس Sun-synchronous يميل على خط الإستواء بزاوية ميل Inclination تعادل ٩٨,٦°، على ارتفاع ٧٩٨ كم عن سطح الأرض، وهو مزود برادار فتحة تركيبية يستخدم الحزمة C وباستقطاب HH، وبزاوية ورود Incidence Angle تتراوح بين ١٠° و ٥٩° على زوايا يمينية بالنسبة لاتجاه حركة القمر، ذو قدرة تمييز تتراوح بين ٨ إلى ١٠٠متر، ونطاق المشاهدة (المسح) بين ٥٠ و ٥٠٠ كيلومتر، يمكن أن يلتقط الرادار مرئية لنفس المنطقة كل ٢٤ يوم[١].

ب- *القمر الأوروبي ERS-2:* اطلق هذا القمر في ١٩٩٥/٤/٢٠م ولا يزال قيد العمل حتى الآن، يدور في مدار قريب من القطبي Near-Polar Orbit متزامن مع الشمس Sun-Synchronous ويميل على خط الإستواء بزاوية ٩٨,٥°، على ارتفاع ٧٨٥ كم عن سطح الأرض، ومجهز بعدة مجسّات منها مجس رادار فتحة تركيبية يستخدم الحزمة C باستقطاب VV، وبزاوية ورود تعادل ٢٣°، وقدرة تمييز حوالي ٣٠ متر، ونطاق المشاهدة ١٠٠ كم، يكرر القمر مروره فوق نفس المنطقة كل ٣٥ يوم[٢].

ج- *البعثة المشتركة* STS-59 بين أمريكا/ألمانيا/إيطاليا: حيث حمل المكوك الفضائي إنديفر Space Shuttle Endeavour رادار التصوير الفضائي Space Imaging Radar SIR-C\X-SAR وذلك ضمن نظام مراقبة الأرض Earth Observation System. حيث دامت الرحلة ١٠ أيام من ٩ إلى ٢٠ نيسان عام ١٩٩٤م جمعت خلالها كمية ضخمة من المرئيات تغطي تقريباً كامل سطح الكرة الأرضية (كما تم تكرار

ش

(1) For more information you can visit: www.eurimage.com.
(2) For more information you can visit: www.mdacorporation.com.

الرحلة عدة مرات). دار الرادار SIR-C\X-SAR على ارتفاع ٢٢٥ كم عن وسطح الأرض ويحمل ثلاث هوائيات منفصلة يعمل كل منها بنطاق موجي مختلف: النطاق C (٥,٨ سم)، النطاق L (٢٣,٥ سم)، والنطاق X (٣ سم) كما يمكنها قياس الاستقطابين الأفقي والعمودي، وبذلك توفر أنماط مرئيات مختلفة من حيث التردد والاستقطاب، وقدرة تمييز حوالي ٣٠ متر، ونطاق المشاهدة بين ١٥-٩٠ كم، وبزاوية ورود تتراوح بين ١٧° و ٦٣°.(note)

٢-١-٧-٤-٦ التطبيقات العملية:

يمكن استخدام بيانات رادار الفتحة التركيبية SAR في فروع العلوم المختلفة ونذكر منها:

- علم الزراعة: تحديد نوع المحصول، مراقبة المحصول، قياس رطوبة التربة، تحديد بقايا المحصول والأرض المحروثة، ومراقبة الفيضانات وتحديد أين من المحتمل حدوثها.
- علم الحراج: لتخطيط الغابات الحراجية، وإدارة الحرائق، وتقدير الكتلة الحية Biomass، وتحديد الأصناف...الخ.
- الجيولوجيا: للتخطيط الجيولوجي، قياس حركة سطح الأرض لتساعد في فهم أفضل للهزات الأرضية والبراكين، وكذلك تخمين مكامن النفط والموارد الطبيعية الأخرى.
- الهيدرولوجيا: مراقبة الأراضي الرطبة، مراقبة غطاء الثلج...الخ.
- علم المحيطات: دراسة حركة وتغير حجم كتل الجليد البحرية لتساعد في فهم أفضل للتغيرات المناخية، قياسات الرياح الساحلية، قياسات الأمواج...الخ.
- تطوير خرائط ارتفاعية دقيقة وغنية بالتفاصيل والمعلومات.

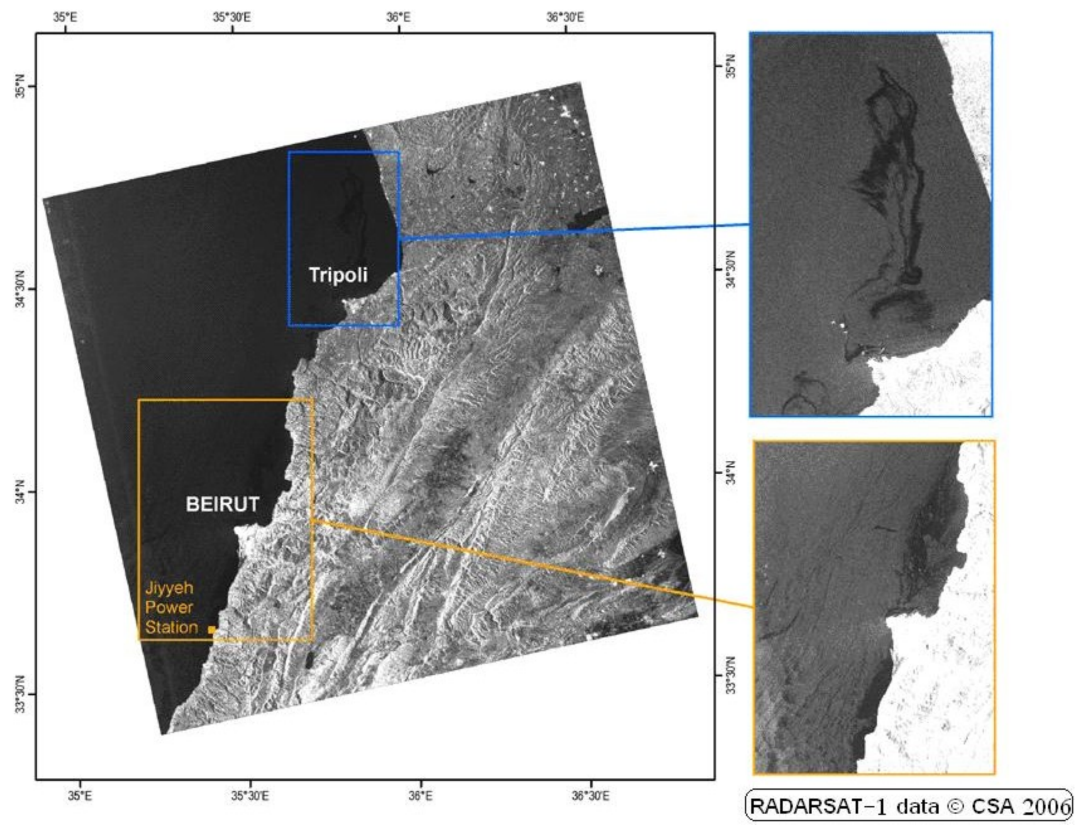
(CCRS, RADAR Systems, 2005)
(CCRS, Remote Sensing Tutorial, 2005)

- كما يمكن أن تستخدم المرئيات الرادارية في مراقبة التلوث والتسربات النفطية من ناقلات النفط والمنشآت النفطية الساحلية، مثال على ذلك المرئية الرادارية المأخوذة من القمر الكندي RADARSAT-1 بطول موجة ٥,٧ سم بتاريخ ٢٣ تموز ٢٠٠٦م الموضحة في الشكل (٢-١٠) والتي تبين تسرب حوالي ٣٠٠٠٠ طن من النفط الثقيل في الساحل اللبناني من المعمل الحراري للطاقة وخزانات الوقود في محطة الجيّه (جنوب بيروت بحوالي ٣٠ كم) بسبب تعرضها للقصف الجوي أثناء الحرب في ١٣ و

ت

(note) : Fore more information you can visit: www.ksc.nasa.gov.

١٥ تموز ٢٠٠٦م، كما تبين المرئية مدى انتشار التلوث في البحر بسبب الرياح والتيارات البحرية.



RADARSAT-1 data © CSA 2006. Received and processed by ITU. Imagery enhancement and interpretation by MDA Geospatial Services Inc.

الشكل (٢-١٠) التسرب النفطي في الساحل اللبناني (٢٠٠٦م)

٢-١-٧-٤-٧ الدراسات السابقة:

هناك القليل من الدراسات العربية والعديد من الدراسات العالمية في مجال الاستشعار عن بعد، ومعظمها اعتمدت على تحليل الصور الضوئية باستخدام طرق التصنيف المختلفة، والقليل النادر منها (مقارنةً مع استخدام الصور الفضائية الضوئية) استخدم المرئيات الرادارية.

* بالنسبة للدراسات المطبقة على مناطق من المملكة الأردنية الهاشمية باستخدام صور رادارية لدينا دراسة (ربابعة، ٢٠٠٣م) حيث استخدم صور رادار الفتحة التركيبية و لاندسات TM لدراسة أنماط النبات في حوض البحر باستخدام عدة طرق مختلفة للتصنيف حيث كانت الدقة الكلية للتصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة لصورة مجس رادار الفتحة التركيبية ٥٧%. ولدينا أيضاً دراسة (Al-Bilbisi, 2004) حيث تم استخدام صورة رادارية مأخوذة من

القمر الياباني JERS-1 لتقدير سماكة التربة السطحية في المناطق الجافة وشبه الجافة في الشمال الشرقي من الأردن (منطقة الرويشد) وكانت النتيجة أنه يمكن استخدام منهجيته لتقدير سماكة التربة السطحية وأنواعها ورسم خرائط لمناطق أخرى. وفي دراسة (Battikhi *et al*,1999) ضمن برنامج أبحاث وتطوير البادية الأردنية Badia Research and Development Programme (BRDP) تم استخدام مرئيات رادارية مأخوذة من الأقمار الأوروبية ERS-1 and ERS-2 للمنطقة الشمالية الشرقية من الأردن بين عامي ١٩٩٥م وَ ١٩٩٧م للتحقق من تأثير رطوبة التربة وخشونتها على معامل الانعكاسية الطيفية في المرئيات الرادارية وإمكانية مراقبة وإدارة المناطق الجافة باستخدام المرئيات الرادارية بهدف تقدير رطوبة التربة القريبة من السطح في البادية الأردنية وكانت النتائج واقعية ومتوافقة مع النتائج المرجعية المرصودة، كما أظهرت النتائج أن المراقبة الناجحة لرطوبة التربة في مثل هذه المناطق البيئية تعتمد بشكل أساسي على خشونة السطح.

أما بالنسبة للدراسات التي استخدمت صور فضائية ضوئية لدينا دراسة (المومني، ٢٠٠١م) تم دراسة الزحف العمراني على الغابات في منطقة عجلون بين عامي ١٩٨٤ وَ ١٩٩٤م وذلك باستخدام الفرق المطيع للمؤشر النباتي NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) لصور القمر الصناعي لاندسات TM. وفي دراسة (ملكاوي، ١٩٩٧م) التي شملت حوض الأزرق أظهرت انحسار الغطاء النباتي في منطقة الدراسة بين عامي ١٩٧٥ وَ ١٩٩٤م من خلال استخدام الفرق المطيع للمؤشر النباتي NDVI لصور القمر الصناعي لاندسات MSS وَ TM. كما تم استخدام تكنولوجيا الاستشعار عن بعد في حوض ابن حماد في عامي ١٩٨٤م وَ ١٩٩٤م حيث تبين من خلال استعمال اختلاف الفرق المطيع للمؤشر النباتي NDVI لصور القمر الصناعي لاندسات TM انحسار الغطاء النباتي في المنطقة (القضاة، ٢٠٠٠م)[١].

* أما بالنسبة للدراسات العالمية يوجد العديد من الدراسات التي استخدمت المرئيات الرادارية في تطبيقات مختلفة، ومن هذه الدراسات التي استخدمت مرئيات رادار الفتحة التركيبية في دراسة الغطاء الأرضي من تربة ونباتات وصخور نذكر دراسة (Thiel, *et al*, 2006) التي استخدمت مرئيات رادارية من القمر الياباني JERS-1 لتقييم جدوى استخدامها في رسم خرائط للمناطق المغطاة بالغابات والغير مغطاة بالغابات ومراقبة قطع الأشجار في خمس مناطق اختبار في أوروبا (واحدة في كل من ألمانيا و بريطانيا و روسيا و اثنتين في السويد) وكانت الدقة الكلية للتصنيف بحدود ٩٠%. وفي دراسة (Metternicht, 1998) استخدمت التصنيف

خ

(١) يوجد العديد من الدراسات التي استخدمت صور فضائية ضوئية، ذكرنا بعضها فقط لعدم علاقتها المباشرة بموضوع البحث.

Fuzzy Classification لمرئيات رادارية من القمر الياباني JERS-1 وتقييم استخدامها في رسم خرائط لملوحة التربة Soil Salinity وأظهرت النتائج امكانية الاعتماد على المرئيات الرادارية لكشف ملوحة التربة حيث كانت الدقة للتصنيف المستخدم ٨١%. وفي دراسة (Daniel *et al*, 2000) استخدمت مرئيات رادارية من القمر الأوروبي ERS-1 بتاريخ ١٩٩٣م حيث تم اختيار ستة عشر صنفاً لغطاء الأرض تمثل البيئة السويدية وذلك باستخدام ثلاث خوارزميات للتصنيف هي:

- Sequential Maximum A Posteriori [SMAP].
- Maximum Likelihood.
- Back propagation neural network classification.

وكانت دقة التصنيف الكلية لكل طريقة هي ٥٧,١%، ٥٢,٤%، ٥١,٢% على التوالي. وبالتالي أظهرت الدراسة أفضلية لاستخدام خوارزمية SMAP في تصنيف غطاء الأرض للمنطقة المدروسة. وفي دراسة (Fawwaz *et al*, 1995) استخدمت مرئيات رادارية من القمر الأوروبي ERS-1 والقمر الياباني JERS-1 لتصنيف الغطاء الأرضي وتقدير خصائص التضاريس والحقول وكانت الدقة الكلية بحدود ٩٠%. وفي دراسة (Sasan *et al*, 1997) استخدمت بيانات رادار الفتحة التركيبية المأخوذة من مكوك الفضاء SIR-C لرسم خرائط لغطاء الأرض ومراقبة قطع الأشجار و استخدام الأراضي في الغابات المطيرة في الأمازون وكانت الدقة الكلية لتصنيف "بيز" المراقب supervised *Bayesian* classifier حوالي ٧٢%. وفي دراسة (Philippe *et al*, 2000) استخدمت مرئيات رادارية من القمر الأوروبي ERS-1 لدراسة غطاء الغابات في وسط أفريقيا بهدف تحيث قاعدة المعلومات التي تبنى عليها أنظمة المراقبة وكانت الدقة الكلية للخريطة الرادارية ٧٤,٦%. وفي دراسة أخرى (Houdong, 2000) أظهرت امكانية استخدام مرئيات رادار الفتحة التركيبية SAR في دراسة الغطاء النباتي والأرضي في منطقة الدراسة في الصين.

مما سبق نستنتج أنه بالامكان استخدام التحليل الرقمي لمرئيات رادار الفتحة التركيبية لدراسة الغطاء الأرضي في مناطق الدراسة حيث أنه تم استخدام هذه التقنية لدراسة الغطاء الأرضي في العديد من مناطق العالم، كما نلاحظ من هذه الدراسات تباين في النتائج حيث تراوحت الدقة الكلية من ٥١,٢% إلى ٩٠% ولذلك سنستخدم هذه التقنية لإنتاج خرائط متنوعة لمناطق الدراسة وبعدها سيتم تقييم الدقة الكلية لها.

٢-١-٨ تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع الأجسام على سطح الأرض:

من أجل تفسير وتحليل صور الأقمار الصناعية بشكل صحيح، يلـزم التعـرف علـى ميكانيكية تفاعل الإشعاع الكهرومغناطيسي مع سطح الأرض ومكوناته من النبات والتربة والماء مع التعقيدات الناجمة عن تداخل هذه المكونات فيما بينها، وسنذكر فيما يلي اهمهـا وباختـصار شديد.

- بالنسبة للنبات تختلف الانعكاسية الطيفية للغطاء النباتي حسب طول الموجة، و نوع النبـات إذ أن الورقة مكونة من طبقات من الألياف العضوية، أصباغ، ماء، وفراغات هوائية. وكل جزء من هذه الأجزاء الثلاثة له تأثير على الانعكاسية، الامتصاصية، والنفاذيـة. (ربابعـة، ٢٠٠٣م).
- اما بالنسبة للماء فيكون الامتصاص و الانعكاس قليل في نطاق الطيف المرئي، أما في مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة و المتوسطة فتكون امتصاصية الماء عاليـة، ولهـذا الـسبب نلاحظ تباين حاد بين حدود الماء واليابسة، كما تبينها الـصور الطيفيـة الفـضائية. أمـا انعكاسية الماء فتتأثر بعمق الماء ومحتوى الماء من المواد وخشونة سطح الماء.
- أما بالنسبة للتربة فتتأثر الانعكاسية بمحتوى الرطوبة و نسيج التربـة و خـشونة الـسطح ومحتوى أكسيد الحديد و محتوى المواد العضوية. تنخفض الانعكاسية في مجـال الأشـعة المرئية حتى درجة معينة بزيادة الرطوبة، يثبت بعدها تأثير الرطوبة على الانعكاسية، وفي مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة فإن الانعكاسية تتناسب عكسياً مع الرطوبـة أما باقي العوامل فإن زيادتها تعمل على تقليل الانعكاسية. (ليلساند وكيفر، ١٩٩٤م).

٢-٢ نظام تحديد المواقع العالمي Global Positioning System (GPS):

٢-٢-١ تمهيد:

كان موضوع تحديد المواقع، سواءً التقريبية منها أو الدقيقة، من بين الأهداف التي حظيت باهتمام كبير في عصر الفضاء، حيث خُصص عدد من برامج الفضاء لهذا الهدف. وقد ظهر نتيجة لذلك عدد من الأنظمة في مجال الأعمال الملاحية والمساحية والجيوديزية، والتي توقف بعضها عن العمل بينما ما يزال بعضها يُستثمر حتى الآن، ونذكر من بين هذه الأنظمة:

- VLBI (Very Long Baseline Interferommetry).
- LLR (Lunar Laser Ranging).
- SLR (Satellite Laser Ranging).
- LAGEOS.
- GPS (Global Positioning System).

ويعتبر نظام تحديد المواقع العالمي GPS من أهم الأنظمة التي أوجدها الإنسان، وقادت إلى قفزة كبيرة في هذا المجال، وذلك بسبب مزاياه العديدة. وجدير بالذكر وجود نظامين آخرين لتحديد الموقع العالمي، أحدهما روسي (GLONASS) والثاني أوروبي (Galileo)، لا يقلان أهمية عن نظام الـ GPS.

٢-٢-٢ نظام تحديد المواقع العالمي GPS:

الاسم الكامل للنظام هو:

Navigation Satellites for Timing And Ranging / Global Positioning System (NAVSTAR/GPS) أي الأقمار الصناعية الملاحية لتحديد الوقت والمدى / نظام تحديد المواقع العالمي. ويعرف اختصاراً بنظام تحديد المواقع العالمي GPS.

٢-٢-٢-١ مقدمة:

ألتفتت الدول المتقدمة تقنياً في القرن الميلادي المنصرم إلى الفضاء بشكل كثيف لإدراكها أنّ السيطرة منه على الأرض أجدى وأعتى. فطوَّرت الولايات المتحدة الأمريكية من ضمن ما طورت في النصف الثَّاني منه نظام تحديد المواقع العالمي GPS الذي يعنى بتحديد إحداثيات مواقع الأشياء أو المعالم على الأرض لأغراضٍ عسكريةٍ في أول الأمر وذلك لأهمية هذه التقنية وكفاءة إنجازها.

يتبع النظام لوزارة الدفاع الأمريكية، حيث قامت بإطلاق أول قمر للاستخدام في عام ١٩٧٨م، وما زالت تتولى إدارته والإشراف عليه حتى الآن. ولقد كان الهدف الأساسي من إنشائه إيجاد نظام قادر على تحديد المواقع في أي مكان على سطح الكرة الأرضية، على مدار الساعة وفي

جميع الظروف الجوية. وصُمِّم النظام بحيث يقوم المستخدم باستقبال إشارات الأقمار الصناعية دون الحاجة إلى إرسال أي نوع من الإشارات منه.

وفي فترة لاحقة سُمح للقطاع المدني باستخدام النظام، حيث قام عدد من الباحثين في عدد من الدول بتطوير أساليب معالجة بيانات الأقمار وتوصلوا إلى العديد من النتائج التي أدت إلى رفع دقة النظام بحيث أصبح استخدامه ممكناً في الأعمال المساحية والجيوديزية التي تتطلب مستويات عالية من الدقة. (محمد، ٢٠٠٣م)

لقد أحدثت هذه التقنية ثورة عظيمة في كثير من المجالات العمليَّة والتعليميَّة، فعلى سبيل المثال، بدلاً من أن تكون نقاط التَّحكم Control Points مثبَّتةً في الأرض كما كانت العادة في الأعمال المساحية المختلفة وإنتاج الخرائط، أصبحت في السماء، فقلَّت بذلك مؤونة (كلفة وادوات) استحداث هذه النقاط على الأرض، ومؤونة البحث عنها وصيانتها، وتحسَّنت الدِّقة، وتعاظمت شمولية العمل، و انتفى بذلك شرط التناظر Symmetric بين الأهداف، وزادت ألألة العمل (استخدام الآلة Automation)، وتنامت عوامل جذب النَّاس إلى هذه التقنية الجديدة وغير ذلك من المزايا المشهودة.

ويقصد بالتناظر بين الأهداف تمكُّن الراصد الواقف على هدف ما على الأرض من رؤية الهدف الآخر المراد رصده عليها مباشرة دون عائق. ولذلك كان يضطر المهندسون إلى بناء أبراج من الخشب أو من غيره فوق الهدف ليرَوا من عليه الهدف الآخر فيرصدوا مسافته أو إحداثياته بأجهزتهم المساحية من فوق تلك الأبراج. وقد يبلغ ارتفاع البرج منها خمسين مترًا أو أكثر ويتكرر بناؤها بحسب طبيعة الأرض، والغرض المنشود من العمل المساحي. فالـ GPS في العمل المساحي ألغى هذه الأبراج بمشقتها وعنائها، فلم يعد شرط التناظر أو التَّرائي ملزمًا بين الأهداف على الأرض فكلُّ هدف منها يرى الأقمار الصناعية في الفضاء فهي مشتركة في رؤيتها محكومة بها فكأنَّها ترى بعضها البعض ويضبط بعضها بعضاً. (القرني، ٢٠٠٥م)

٢-٢-٢-٢ مزايا النظام:

ينفرد نظام تحديد المواقع العالمي بعدد من المزايا أدت إلى انتشار استخدامه على نطاق واسع على مستوى العالم وفي مختلف التطبيقات. نذكر من بين هذه المزايا ما يلي:

- لا يحتاج إلى وجود رؤية متبادلة بين النقاط المرصودة في الأعمال المساحية.
- يوفر أرصاداً على مدار أربع وعشرين ساعة في اليوم وفي أي مكان على سطح الكرة الأرضية.
- لا يتأثر بالعوامل الجوية (غيوم، أمطار، غبار، ثلوج،..... الخ).

- ذو إنتاجية عالية.
- لا يتطلب تشغيله سوى عدد قليل من العاملين.
- يقدم مستوى عالٍ من الدقة.
- يقدم إمكانية تحديد الوقت بدقة عالية.
- تتوفر أجهزته بأسعار متفاوتة حسب دقتها، ما جعلها في متناول الجميع.

(Segall and Davis, 1997; Leica, 1999)

ولقد كان نظام تحديد الموقع العالمي (GPS) عامل توحيد ولمّ شمل لتقنيات الهندسة المساحية المختلفة. فهو في المساحة المستوية، وفي المساحة الجيوديسية، وفي المساحة التصويرية، وفي الاستشعار عن بعد، وفي كلِّ أعمال هذه الفروع التفصيلية الأخرى، وذلك لمزاياه المتعددة، ولكون قياس الإحداثيات هو عامل مشترك بين كلِّ هذه الفروع. (محمد، ٢٠٠٣م)

٢-٢-٢-٣ أقسام نظام تحديد الموقع العالمي GPS:

يتألف النظام من ثلاثة أقسام رئيسية هي قسم الفضاء Space Segment (الأقمار الصناعية)، قسم التحكّم Control Segment (المحطات الأرضية)، قسم المستخدم User Segment (المستقبل).

١. قسم الفضاء Space Segment:

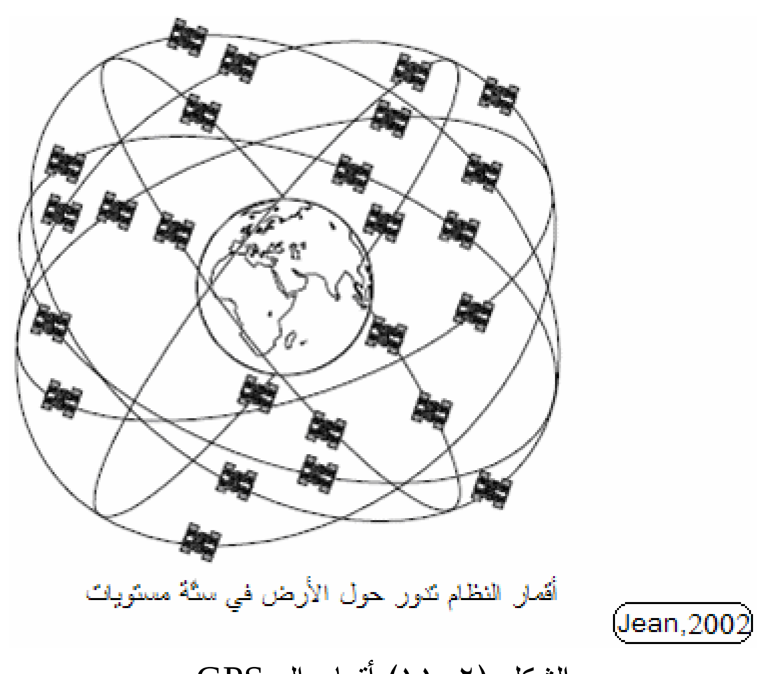
يعد قسم الفضاء العصب الأساس في النظام، ويتألف من كوكبة من الأقمار الصناعية التي تدور حول الأرض على ارتفاع وسطي قدره ٢٠٢٠٠ كم. ولقد كان من المقرر أن تتألف هذه الكوكبة من ٢١ قمراً (١٨ قمراً فعالاً و٣ أقمار احتياطية) تتم دورتها حول الأرض في ١١ ساعة و ٥٨ دقيقة (أي يتم القمر دورتين حول الأرض في اليوم الواحد). وصمم النظام على أن تطلق الأقمار على شكل أجيال متعاقبة بحيث يتم إحلال الجيل الأحدث مكان الجيل الأقدم مع المحافظة على المواصفات المذكورة. ولكن تم المحافظة على أقمار الأجيال الأقدم (التي بقيت بحالة جيدة) في الخدمة، وفي الوقت الحالي يبلغ عدد الأقمار ٣١ قمراً (منها ٢٨ في حالة الخدمة الفعلية). وتبلغ تكلفة القمر الواحد حوالي ١٠٠ مليون دولار.

(NAVSTAR GPS, 1996; Garmin, 2000)

تدور هذه الأقمار في مدارات حول الأرض بسرعة تبلغ ٧,٠٠٠ ميل في الساعة، وتعتمد على الطاقة الشمسية، كما أنها مزودة ببطاريات قابلة للشحن من أجل ضمان استمرار عملها في حالة انعدام الطاقة الشمسية. يستهلك القمر فقط 50 واط أو أقل من الطاقة في حالة الإرسال. ويوجد على كل قمر محرك صاروخي صغير من أجل أن يسيّر القمر في طريقة

الصحيح. العمر الافتراضي لكل قمر هو عشر سنوات، علماً بأن البدائل لهذه الأقمار أطلقت في مداراتها. يزن القمر الصناعي ما يقارب الطن الواحد، وقطره حوالي ستة أمتار تقريباً بما في ذلك شرائح الطاقة الشمسية الممتدة على جانبي القمر (الجهاز القومي لتنظيم الاتصالات، ٢٠٠٦م). يوجد أيضاً على كل قمر أكثر من أربع ساعات ذرية Atomic Clocks وهي الساعات الأكثر دقةً المعروفة في الوقت الحاضر بخطأ أعظمي ثانية واحدة خلال ٣٠,٠٠٠-١,٠٠٠,٠٠٠ سنة ولجعلها أكثر دقةً تضبط هذه الساعات بانتظام مع نقاط تحكم على الأرض. (Jean, 2002)

تم إطلاق أول قمر صناعي من أقمار الـGPS في عام ١٩٧٨م و تم إنهاء المجموعة كاملة في عام ١٩٩٤م. وهي الآن عبارة عن ٢٨ قمر صناعي تدور في ستة مستويات مائلة بزاوية 55° على خط الاستواء و في كل مستوي ٤-٥ أقمار (Bell, 2007) وذلك لأن هذه التكوين يؤمن المواصفات المطلوبة من النظام المذكورة سابقاً، كما هو موضح في الشكل (٢-١١).



أقمار النظام تدور حول الأرض في ستة مستويات (Jean,2002)

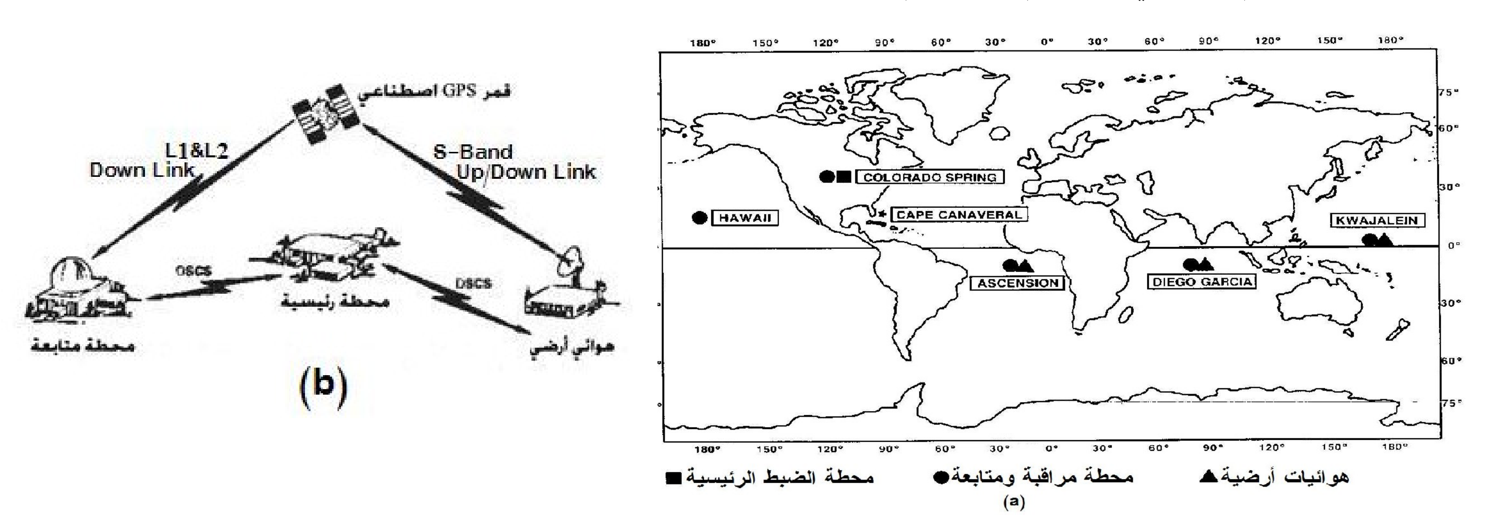
الشكل (٢-١١) أقمار الـGPS

يرسل كل قمر من أقمار الـGPS إشارات كهرومغناطيسية تتضمن عدد من البيانات ومنها الوقت والموقع الدقيق للقمر والتي تستخدم لقياس المسافة بين القمر والمستقبل على الأرض ولحساب إحداثيات القمر في كل لحظة أثناء حركته في الفضاء ... الخ، وبالتالي تمكن المستقبل من حساب إحداثيات نقطة الوقوف (Blewitt, 1997) باستخدام عدد من المعادلات الرياضية سنذكرها لاحقاً.

٢. قسم التحكم Control Segment:

مهمة هذا القسم متابعة ومراقبة الأقمار بشكل مستمر وذلك من أجل ضمان عملها بشكل دقيق ولتصحيح الأخطاء التي تحدث فيها أثناء دورانها حول الأرض، ويتكون من محطة ضبط رئيسية في ولاية كُلورادو Colorado في الولايات المتحدة وخمس محطات متابعة واستقبال مجهزة بساعات ذرية منتشرة في الكرة الأرضية على مقربة من خط الاستواء، وثلاث هوائيات (NAVSTAR GPS, 2004; Siemens, 2004). وهذه المحطات موضحة في الشكل (٢-١٢-a).

تقوم محطات المتابعة برصد جميع الأقمار على مدار اليوم وإرسال بيانات الأرصاد إلى المحطة الرئيسية للمعالجة، التي تقوم بحساب الانحرافات في مدارات الأقمار وحساب التصحيحات اللازمة لها، ومن ثم تقوم بإرسال هذه البيانات إلى الهوائيات التي تتولى عملية إرسال البيانات إلى الأقمار أثناء دورانها حول الأرض وذلك للمحافظة على البيانات التي يرسلها القمر محدّثة ودقيقة كي يتم حساب إحداثيات النقاط على سطح الأرض بشكل دقيق (Richard, 2001)، كما في الشكل (٢-١٢-b).



الشكل (٢-١٢) آلية عمل قسم التحكم

٣. قسم المستخدم User Segment:

يضم هذا القسم قطاعين أساسين هما القطاع العسكري والقطاع المدني. ويتميز النظام بتغطيته لطيف واسع من التطبيقات التي تتفاوت فيما بينها من حيث الدقة ومن حيث أسعار الأجهزة والمعدات المستخدمة فيها. فهناك التطبيقات التي تتطلب دقة منخفضة Low Accurate Applications مثل الأعمال الملاحية (برية، بحرية، جوية) والتي تتطلب أجهزة رخيصة

الثمن وسهلة الاستعمال. والتطبيقات التي تتطلــب مــستوى متوســط مــن الدقــة Moderate Accurate Applications مثل الأعمال المساحية والتي تحتاج إلى نوع أفضل من الأجهــزة والمعدات وخبرة أكبر في مجال استثمارها. وهناك أخيراً التطبيقات التي تحتاج إلــى مــستوى عالي من الدقة High Accurate Applications مثل دراسة تحرك القشرة الأرضية، دراسة معدل دوران الأرض إلى ما هناك من هذه التطبيقات التي تتطلب أنواع معينــة مــن الأجهــزة والتجهيزات وخبرة عالية في الاستخدام ومعالجــة الأرصــاد والنتــائج. (Blewitt, 1997; Edward, 2000)

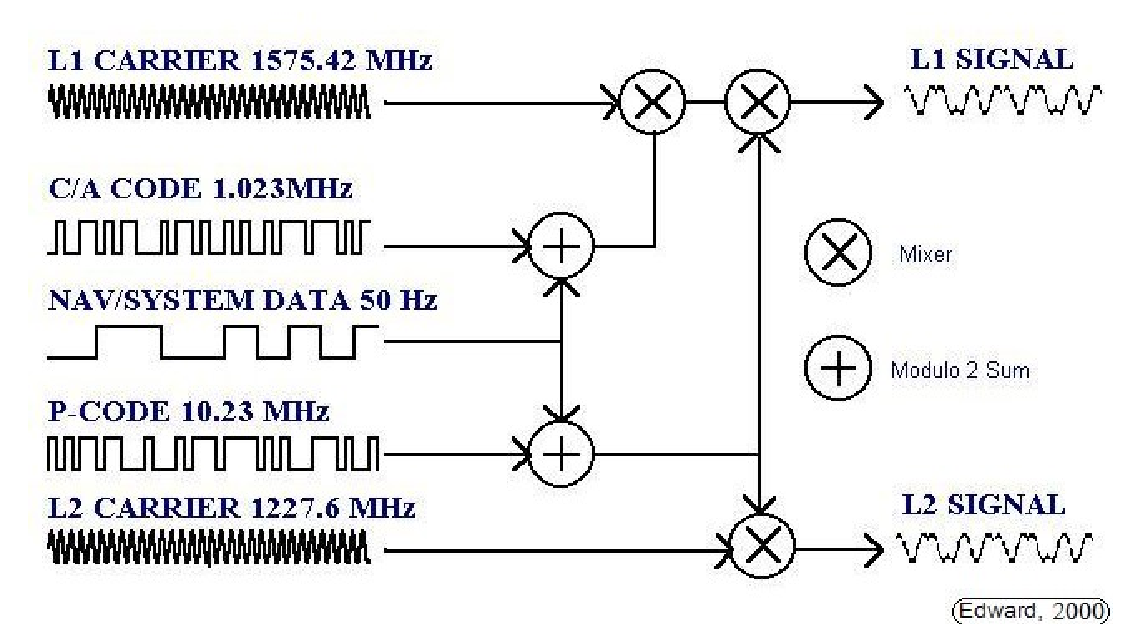
٢-٢-٢-٤ إشارات أقمار نظام الــGPS:

يستخدم نظام الــ GPS نوعين من الإشارات:

- الإشارات الحاملة: تحمل بيانات أقمار الــGPS علــى إشــارات كهرومغناطيــسي بترددين من الحزمة D همــا:L1 (Link 1) بتــردد ١٥٧٥,٤٢ميغــاهرتز و L2 (Link 2) بتردد ١٢٢٧,٦ميغاهرتز.
- الشيفرات Codes: يتم بث الموجات الحاملة باســتخدام أجهــزة إرســال طيفيــة مستخدمة نوعين من الشيفرات:

★ C\A-Code شــــيفرة اكتــــساب خــــشن (غيــــر دقيــــق) Coarse\Acquisition-Code بتردد ١,٠٢٣ ميغاهرتز (تــردد الــساعة مقدراً بالميغابايت/ثانية) وهي عبارة عن تتــابع أصــفار و آحــاد (Jean, 2002) وتحمل على الموجة L1، وهي للاستخدام المدني و عامة الناس.

★ P-Code (أو P(Y)-Code) شيفرة دقيقة Precision-Code بتــردد ١٠,٢٣ ميغاهرتز وتحمل على كلا المــوجتين L1&L2، وهــي خاصــة بالمالك للنظام وهو وزارة الدفاع الأمريكية بالإضافة إلى حلفائهــا وذلــك للاستخدام العــسكري (NAVSTAR GPS, 2004; Edward, 2000). ويوضح الشكل (٢-١٣) إشارات أقمار الــ GPS وكيفية تعديلها.

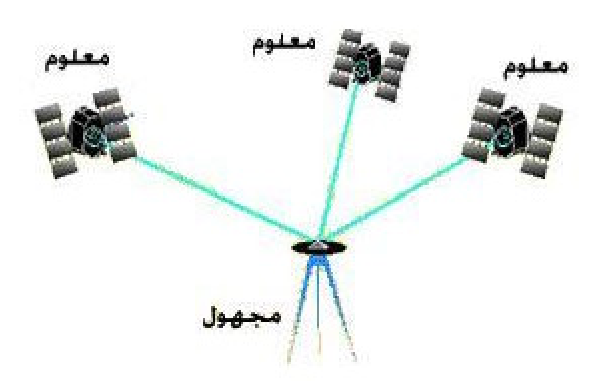


الشكل (٢-١٣) إشارات نظام الـ GPS

٢-٢-٢-٥ مبادئ عمل النظام:

يعتمد النظام على مبادئ أساسية معروفة جيداً في مجال المساحة الأرضية وهي:

١- مبدأ التقاطع العكسي Resection: وينص على أنه في حالة معرفة إحداثيات ثلاث نقاط أو أكثر فمن الممكن حساب إحداثيات أي نقطة مجهولة، وذلك بالوقوف عليها وقياس المسافات إلى تلك النقاط (محمد، ٢٠٠٣م)، كما في الشكل (٢-١٣).



الشكل (٢-١٤) مبدأ التقاطع العكسي

٢- مبدأ قياس المسافة عن طريق معرفة زمن سفر الإشارة T من القمر حتى المستقبل على الأرض (محمد، ٢٠٠٣م)، والذي يضرب بسرعة الضوء في الفراغ C للحصول على المسافة D حسب المعادلة:

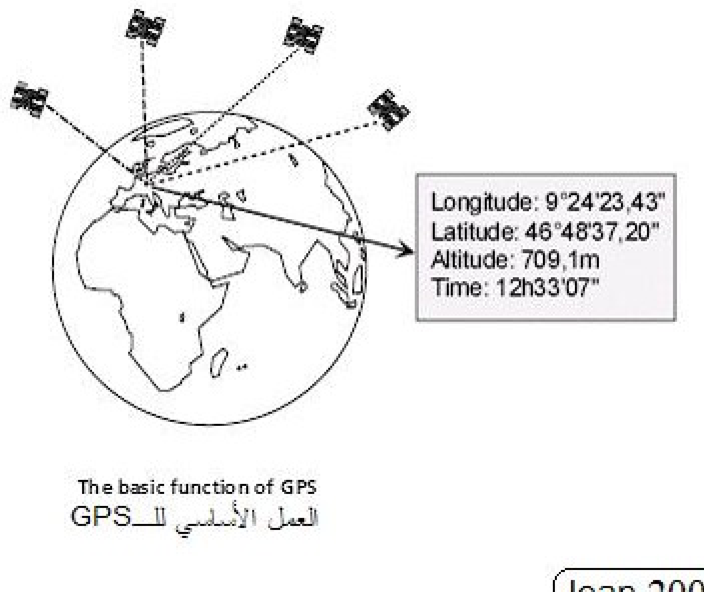
$$D=C.T$$

٣- مبدأ التصحيح النسبي للأرصاد: يصنف النظـام مـن بـين الأنظمـة النـسبية Relative Systems والتي تعتمد على عمل جهازين أو أكثر في نفس الوقت، ومن ثم حساب إحداثيات النقاط المجهولة Rovers بالنسبة إلى النقطة المعلومـة (Reference)، ويمكن بهذه الطريقة الوصول إلى مستويات عالية جداً من الدقة (Coast Guard-Canada, 2000). علماً أنه يمكن استخدام النظام وفقاً لمفهوم الأنظمة المطلقة Absolute Systems التي تعتمد على عمـل جهـاز بـشكل منفرد، ولكن الدقة في هذه الحالة ستكون منخفضة كما هو الحال فـي الأعمـال الملاحية.

إن هذه المبادئ ورغم بساطة مفهومها فإنها تطبق باستخدام تكنولوجيا متطورة جداً فـي نظـام تحديد المواقع العالمي.

٢-٢-٣ المبدأ الرياضي:

بما أنَّ عدد المجاهيل المراد معرفتها عن موقع النقطة أو الهدف الواحـد علـى سـطح الأرض هي ثلاثة: *خط العرض Latitude – خط الطول Longitude – الارتفاع عن سـطح البحر Altitude*، ولوجود الفارق الزَّمني بين ساعة القمر الصناعي Satellite التي يُوقّت بهـا انطلاق الإشارة منه، وساعة المستقبل التي يُوقّت بها استقبال تلك الإشارة، يضاف *الزَّمن Time* مجهولاً رابعًا إلى المجاهيل الثَّلاثة السَّابقة. من أجل ذلك يلزمنا على الأقل أربع نقاط تحكُّم فـي الفضاء معروفة الموقع لتحديد هذه المجاهيل الأربعة في الأرض الشكل (٢-١٤). هذه النقاط ما هي إلاَّ أربعة أقمار صناعية من أقمار الـ GPS. (Jean, 2002)



الشكل (٢-١٥) المهمة الرئيسية للـ GPS

ولأن المجاهيل هنا تساوت في عددها مع المعادلات حيث أن كل قمر يعطينا معادلة فإن الحل المستنتج هو حلٌ وحيد Unique Solution نصل إليه دون القدرة على معرفة الأخطاء التي تكتنفه لعدم وجود خيارات أخرى تمكننا من غيره الذي قد يكون أصح منه. فإذا ما رصدنا من النقطة المجهولة أكثر من أربعة أقمار زادت المعادلات عن المجاهيل فأمكننا الحصول على أفضل الحلول بطريقة ضبط المربعات الصغرى مثلاً Least Square Adjustment. ونقول أفضل الحلول لأن كلَّ أربعة معادلات منفردة تأتي بحلّ فريد للمجاهيل المطلوبة يختلف عن الحل الذي تأتي به أربعة معادلات أخرى مختلفة، وهكذا. فإذا استخدمت المعادلات كلَّها دون التفريط في أيٍّ منها وكانت أكثر من المجاهيل تفاهمت فيما بينها بطريقة ضبط المربعات الصغرى وأتت بحلٍّ معقول قريب من الحل الصحيح. ولا ريب أنَّه كلما زاد عدد المعادلات نسبةً إلى المجاهيل كان الحل أفضل وأصح. (القرني، ٢٠٠٥م)

نتيجة لوجود الساعات الذرية عالية الدقة على أقمار الـ GPS يُعتبر وقت إرسال الإشارة معلوم بشكل دقيق جداً، وهذه الساعات مضبوطة ومتزامنة مع بعضها ومع التوقيت المرجعي العالمي UTC (Universal Time Coordinate) بعكس ساعة المستقبل التي تكون غير متزامنة مع الـ UTC والتي تختلف عن ساعة القمر الصناعي بمقدار Δt_0 قد يكون موجب (أي ساعة المستقبل أسرع من ساعة القمر) أو سالب (أي ساعة المستخدم أبطأ من ساعة القمر). (Jean, 2002)

وبالتالي يكون زمن سفر الإشارة المقاس مختلف عن زمن سفر الإشارة الحقيقي حسب المعادلة:

$$\Delta t_{measured} = \Delta t + \Delta t_0$$

ونتيجة لذلك نحصل على مسافة مقاسة مزيفة **Ps**eudo **R**ange (*PSR*) تختلف عن المسافة الحقيقية R بين القمر والمستقبِل حسب المعادلة

$$PSR = \Delta t_{measured}.c = (\Delta t + \Delta t_0).c$$

$$PSR = R + \Delta t_0.c \qquad \text{.............................(١)}$$

حيث

R المسافة (المدى Range) الحقيقية بين القمر والمستخدم.

c سرعة الضوء.

Δt زمن سفر الإشارة من القمر إلى المستقبِل.

Δt_0 الفرق بين ساعة القمر وساعة المستقبِل.

PSR المسافة المقاسَة (المسافة المزيفة Pseudo-Range).

حسب قانون المسافة بين نقطتين في جملة الإحداثيات الديكارتية المعروف في الرياضيات يمكن بسهولة كتابة معادلة المسافة R بين القمر والمستخدم كمايلي:

$$R = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2} \quad ...(٢)$$

وبتعويض المعادلة (٢) في المعادلة (١) نجد:

$$PSR = \sqrt{(X_{Sat} - X_{User})^2 + (Y_{Sat} - Y_{User})^2 + (Z_{Sat} - Z_{User})^2} + \Delta t_0 . c \quad ....(٣)$$

ولكي نتمكن من حساب المجاهيل الأربعة وهي ($\Delta t_0, X_{User}, Y_{User}, Z_{User}$) لا بدّ من رؤية أربعة أقمار من النقطة المجهولة الإحداثيات على الأقل في نفس اللحظة بحيث نحصل على أربعة معادلات مختلفة وذلك بتطبيق المعادلة (٣) على كل قمر وبالحل المشترك للمعادلات يمكن حساب المجاهيل الأربعة المجهولة.

٢-٢-٤ مصادر الخطأ في إشارة الـGPS:

أصبحت أجهزة الـ GPS في السنوات الأخيرة دقيقة جداً بشكل فائق حتى أن معدل نسبة الخطأ انخفض إلى ٥ متراً فقط، على أن الأمر لا يخلو من بعض العوائق التي تؤثر على دقة أجهزة الـGPS، ولعل أهم مصادر الخطأ في هذا المجال مايلي:

- أخطاء ناتجة عن بطء الإشارة من القمر الصناعي.
- أخطاء ناتجة عن انعكاس أو ارتداد الإشارة نتيجة اصطدامها بعوائق.
- أخطاء ناتجة بسبب الساعة الداخلية للجهاز.
- أخطاء تحدث بسبب عدم دقة المعلومات التي يرسلها القمر الصناعي عن موقعه في الفضاء.
- عدد الأقمار الصناعية التي يستطيع الجهاز رؤيتها.

(الجهاز القومي لتنظيم الاتصالات، ٢٠٠٦م-Segall and Davis, 1997)

٢-٢-٥ سلبيات النظام:

١. لا يمكن استخدامه داخل المباني.
٢. نقص كفاءة العمل بين الأبنية العالية و تحت الأشجار.
٣. لايمكن استخدامه تحت الماء (في الغواصات مثلاً).

(Siemens, 2004; Garmin, 2001)

بالمختصر لا يمكن استخدامه في الأماكن التي لا تصلها إشارات الأقمار الصناعية، وعلى الرغم من هذه السلبيات فهو من أفضل الأنظمة وأكثرها شهرة واستخداماً.

٢-٢-٦ التطبيقات العملية:

يمكن اعتبار نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) من أهم وأفضل الأنظمة التي تعنى بتحديد الموقع وأكثرها استخداماً في فروع الحياة المختلفة نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر:

١. في الملاحة فهو مهم جداً للسفر في المحيطات.
٢. في هبوط الطائرات في حالات انعدام الرؤية.
٣. في تجنب حوادث الاصطدام.
٤. في علم المساحة.
٥. في الخرائط الالكترونية.
٦. في علوم الأرض (مراقبة البراكين، الحركات التكتونية.... الخ).
٧. بالإضافة إلى الاستخدام العسكري الخاص بالمالكين وحلفائهم.

(Elliott, 1996; Hudson, 2001)

الفصل الثالث

الأدوات والمنهجية

الفصل الثالث
الأدوات والمنهجية

٣-١ مناطق الدراسة:

شملت الدراسة تحليل ودراسة مرئيات رادار الفتحة التركيبية SAR لأربع مناطق مختلفة (سيتم وصفها لاحقاً)، ثلاثة منها في المملكة الأردنية الهاشمية وهي: مأدبا والأزرق والبتراء وواحدة في الجمهورية العربية السورية وهي منطقة دمشق (العاصمة) ويوضح الشكل (٣-١) الموقع الجغرافي للمناطق التي غطتها المرئيات الرادارية المستخدمة في الدراسة.



الشكل (٣-١) المناطق التي تغطيها المرئيات الرادارية المستخدمة في الدراسة
(الملحق رقم (٤))

٣-٢ الأدوات المستخدمة:

تعتمد هذه الدراسة بشكل أساسي على تحليل المرئيات الرادارية واستخراج بعض المعلومات الممكنة منها باستخدام برمجية حاسوبية وهذا بالتالي يتطلب توفر الأدوات التالية:

٣-٢-١ المرئيات الرادارية:

تم استخدام مرئية رادارية واحدة لكل منطقة من مناطق الدراسة وفيما يلي وصف لكل مرئية:

- **منطقة مأدبا:**

تم استخدام مرئية رادارية مأخوذة بواسطة رادار الفتحة التركيبية المحمول على القمر الكندي رادارسات-١ (RADARSAT-1) بتاريخ ١٩٩٦/٣/٢٤م، وهي صورة غير مصححة هندسياً مؤلفة من قناة واحدة (طبقة Layer) بحزمة C (5.3 GHz, 5.6 cm) وباستقطاب HH (استقطاب أفقي للإرسال و استقطاب أفقي للاستقبال) ويبين الشكل (٣-٢) مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة مأدبا غير مصححة هندسياً عام ١٩٩٦م.

- **منطقة الأزرق:**

تم استخدام مرئية رادارية مأخوذة بواسطة رادار الفتحة التركيبية المحمول على القمر الكندي رادارسات-١ (RADARSAT-1) بتاريخ ١٩٩٦/٣/١٥م، وهي صورة غير مصححة هندسياً أيضاً مؤلفة من قناة واحدة بحزمة C (5.3 GHz, 5.6 cm) وباستقطاب HH (استقطاب أفقي للإرسال و استقطاب أفقي للاستقبال)، ويبين الشكل (٣-٣) مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة الأزرق غير مصححة هندسياً عام ١٩٩٦م.

- **منطقة البتراء:**

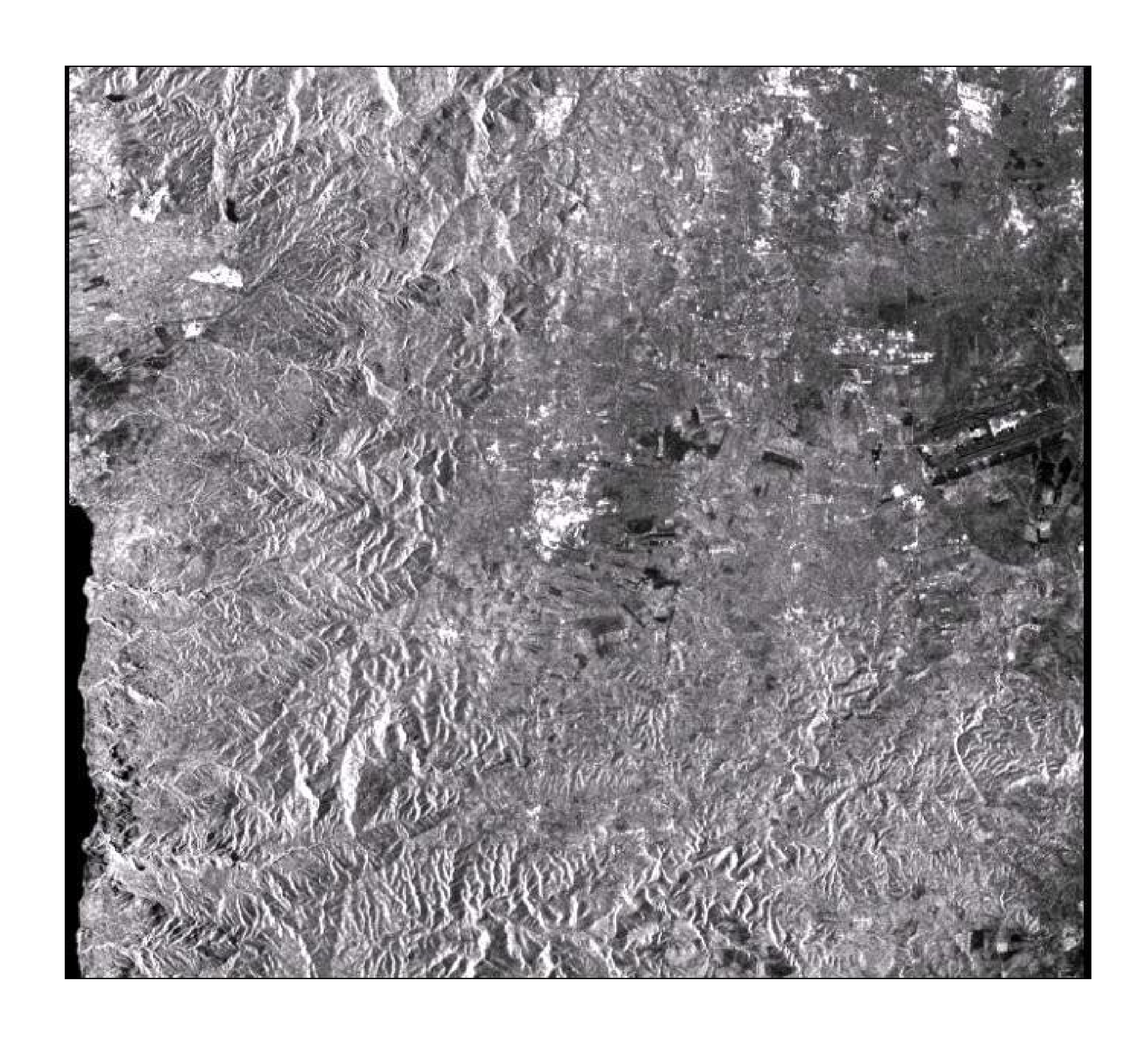
تم استخدام مرئية رادارية مأخوذة بواسطة رادار الفتحة التركيبية SIR-C\X-SAR المحمول على مكوك الفضاء إنديفر Space Shuttle Endeavour (مشروع مشترك لوكالات الفضاء الأمريكية والألمانية والإيطالية) بتاريخ ١٩٩٤/٤/٩م.

وهي مرئية غير مصححة هندسياً تتألف من ثلاث قنوات (طبقات Layers) مأخوذة في نفس التاريخ المذكور مختلفة التردد والاستقطاب ولذلك تظهر ملونة حيث: الأحمر بحزمة L وباستقطاب أفقي للإرسال والاستقبال HH، الأخضر بحزمة L وباستقطاب أفقي للإرسال وعمودي للاستقبال HV، والأزرق بحزمة C (6 cm) و باستقطاب HV (استقطاب أفقي للإرسال واستقطاب عمودي للاستقبال)، حيث سيتم فصل هذه الطبقات عن بعضها باستخدام

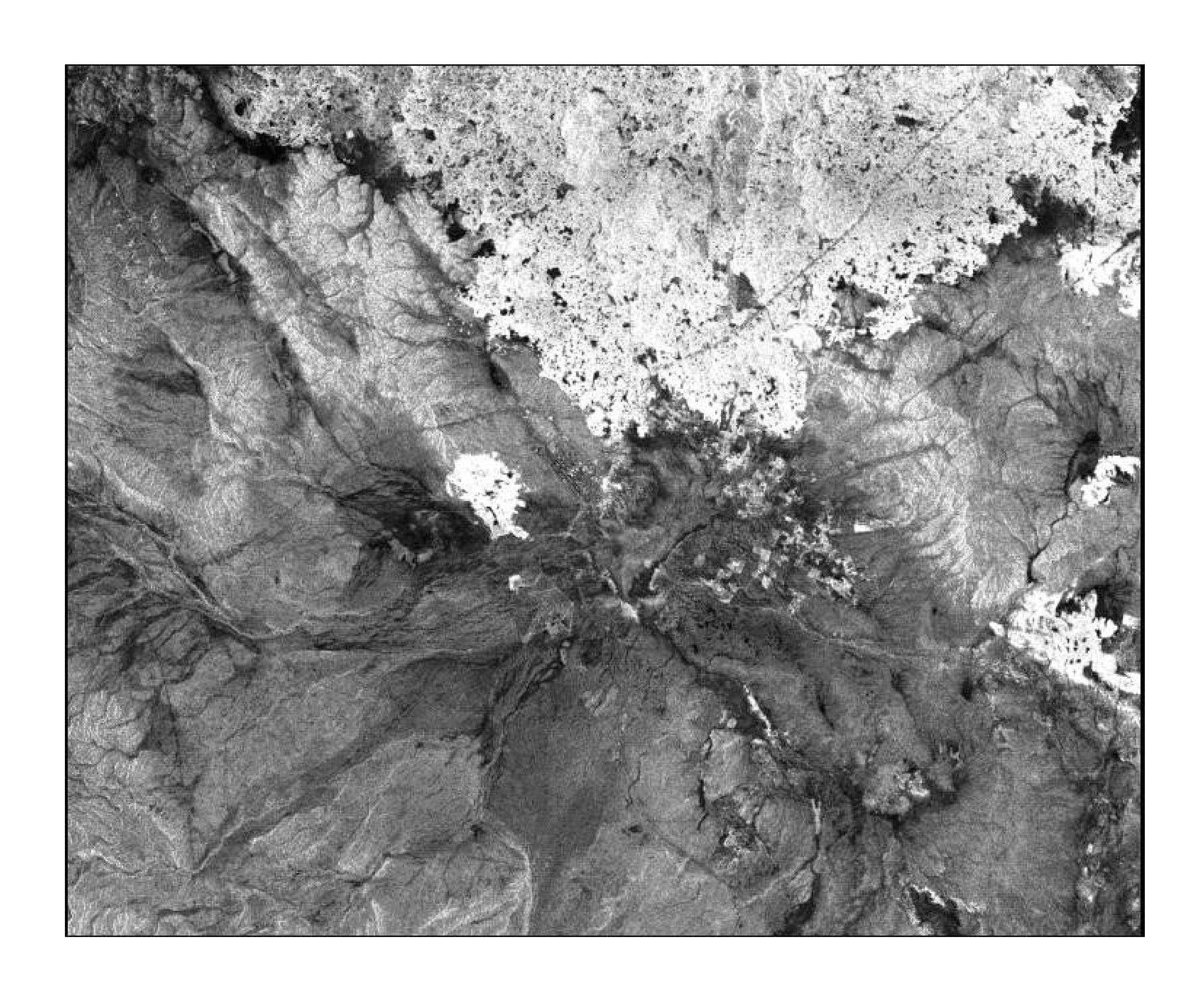
خوارزمية Subset المتوفرة في برنامج ERADS واستخدام واحدة فقط في هذه الدراسة وهي الطبقة المأخوذة بحزمة C واستقطاب HV، ويبين الشكل (٣-٤) مرئية رادار الفتحة التركيبية الملونة (ثلاث قنوات) لمنطقة البتراء غير مصححة هندسياً عام ١٩٩٤م.

- **منطقة دمشق:**

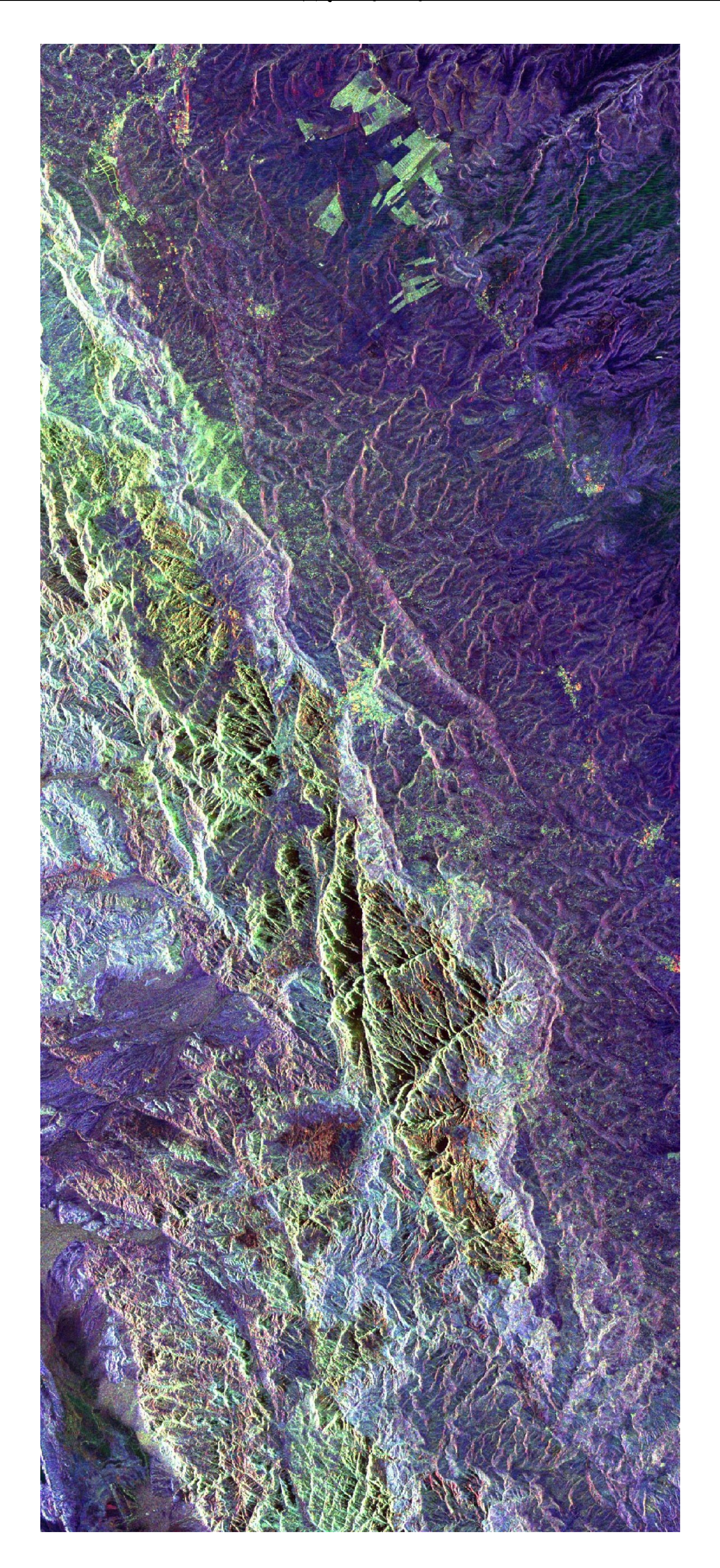
تم استخدام مرئية مأخوذة بواسطة رادار الفتحة التركيبية المحمول على القمر الأوروبي للاستشعار عن بعد ERS-2، وهي مرئية غير مصححة هندسياً وملونة لأنها مؤلفة من ثلاث قنوات بحزمة C (5.3 GHz, 5.6 cm) وباستقطاب VV (استقطاب عمودي للإرسال وعمودي للاستقبال) مأخوذة بتواريخ مختلفة حيث: الأحمر بتاريخ ٢٠٠٥/١/٤م، والأخضر بتاريخ ١٩٩٦/٥/٢١م، والأزرق بتاريخ ١٩٩٩/٩/٢٨م.
بالطبع سيتم استخدام مرئية ذات قناة واحدة (غير ملونة) بعد أن يتم فصل القنوات عن بعضها باستخدام برنامج ERDAS وهي المرئية الأحدث المأخوذة بتاريخ ٢٠٠٥/١/٤م، ويبين الشكل (٣-٥) مرئية رادارية ملونة لمنطقة دمشق غير مصححة هندسياً.



الشكل (٣-٢) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م غير مصححة هندسياً



الشكل (٣-٣) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦م غير مصححة هندسياً



الشكل (٣-٤) مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م غير مصححة هندسياً



الشكل(٣-٥) مرئية رادار الفتحة التركيبية الملونة لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥م غير مصححة هندسياً

٣-٢-٢ البرمجية المستخدمة والحاسوب المستخدم:

تم استخدام برمجية حاسوبية لتحليل ومعالجة المرئيات الرادارية وهي برنامج ERDAS IMAGINE V8.4 إصدار ١ كانون الأول ١٩٩٩م من قبل شركة إيرداس العالمية ERDAS.Inc.

إن كلمة ERDAS هي اختصار لـ Earth Resources Data Analysis System، وتعني نظام تحليل بيانات الموارد الأرضية، وذلك باعتبار أن بيانات المرئيات الفضائية تستخلص منها البيانات والمعلومات بمعالجة آلية تتهيأ من خلال هذا البرنامج وأمثاله.

كما تم استخدام جهاز حاسوب شخصي مكتبي Desktop PC بالمواصفات التالية:

Intel(R) Celeron(R) CPU 2.80GHz, 512 MB of RAM

ويستخدم نظام تشغيل:

Microsoft Windows XP Professional, Version 2002, Service Pack 2.

٣-٣ المنهجية:

من الممكن اعتبار أن الدراسة اعتمدت على المنهج التجريبي في البحث والتحليل الذي يستند إلى المشاهدة والتجربة. حيث تم بدايةً إجراء التجارب، أي القياسات المأخوذة بالأقمار الصناعية، ثم تم الاعتماد على هذه البيانات التجريبية في الحصول على النتائج، من خلال عملية تحليل المرئيات، ومن ثم مقارنة النتائج مع الواقع واتخاذ القرار.

أولاً يتم جمع البيانات الرادارية وهي عبارة عن مرئيات لمجس رادار الفتحة التركيبية من أقمار مختلفة عن مناطق الدراسة وبعد ذلك يتم إجراء عملية التجهيز أو التهيئة للتحليل من عمليات تصحيح و تصفية filtering ...الخ وذلك باستخدام الحاسوب ثم بعد ذلك سيتم إجراء عملية التصنيف غير المراقب للمرئيات واستخلاص المعلومات من المرئيات أيضاً باستخدام الحاسوب وبعد ذلك تأتي عملية جمع البيانات الحقلية بمساعدة جهاز تحديد المواقع العالمي GPS ثم تقييم الدقة والاستنتاجات.

الفصل الرابع

التحليل والنتائج والمناقشة

الفصل الرابع

التحليل والنتائج والمناقشة

٤-١ تجهيزالمرئيات الرادارية المستخدمة في الدراسة للمعالجة:

بعد اقتطاع المنطقة المراد دراستها بإجراء عملية التجـزيء Subset فـإن المرئيـات الرادارية تحتاج لبعض العمليات والتصحيحات الأولية للتخلص من الأخطاء الناتجة عن أسـباب مختلفة فمنها ما هي نظامية يمكن إزالتها ومنها ما هي عشوائية يمكن التخفيف مـن تأثيرهـا، فالمعالجة الأولية تشمل بصورة أساسية:

- التصحيح الهندسي Geometric Correction
- التصحيح الإشعاعي Radiometric Correction
- التخلص من الضجيج Noise Removal

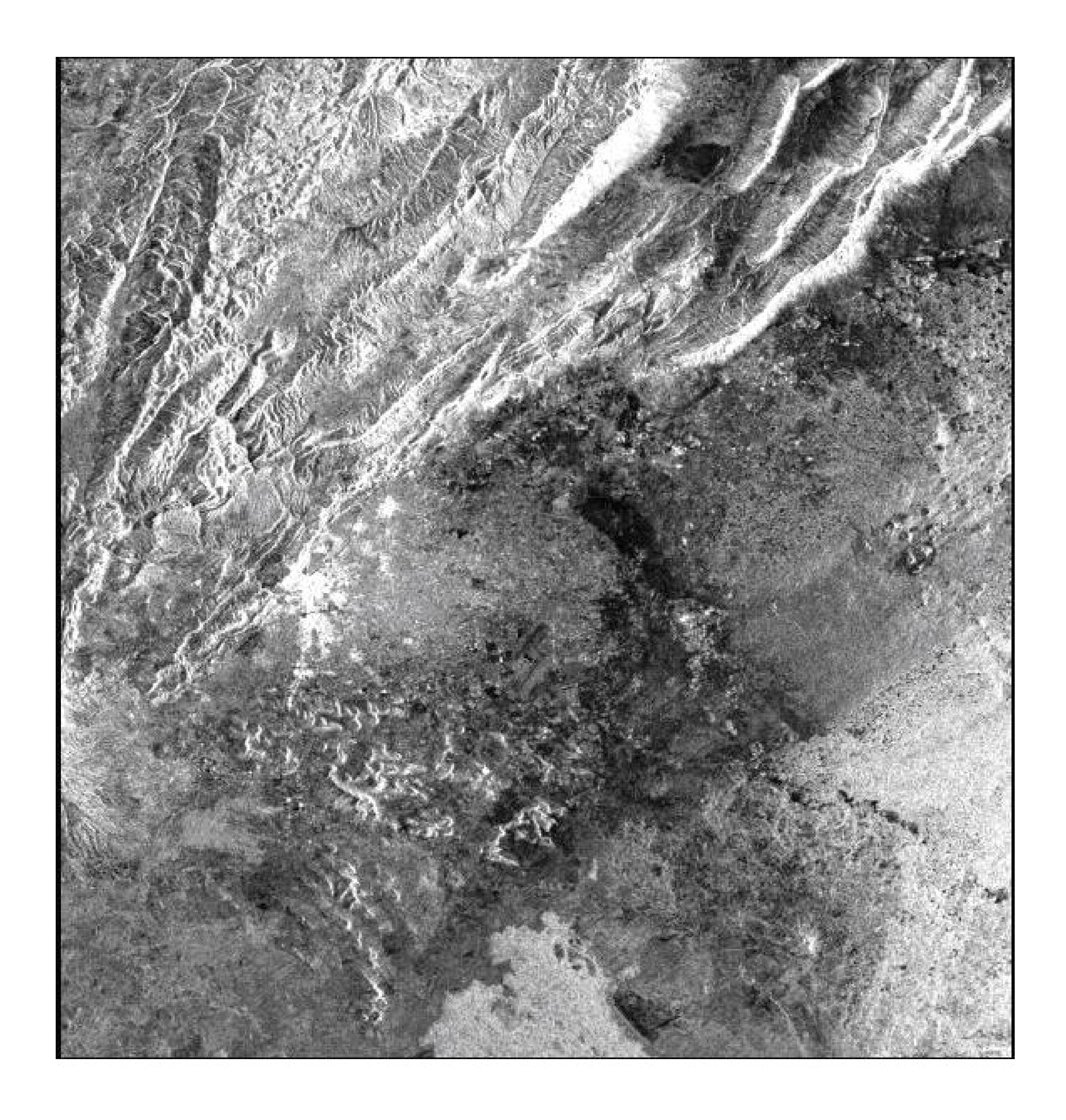
(Robert *et al*, 2000)

في هذه الدراسة سوف يتم تصحيح المرئيات هندسياً وإزالة الـضجيج منهـا باسـتخدام التصفية (Filtering) و إجراء بعض التحسينات Enhancement وأما التـصحيح الإشـعاعي فهو منجز من قبل الشركات المنتجة للمرئيات علماً أن المرئيات الرادارية قليلة التأثر بـالغلاف الجوي نظراً للطول الموجي الكبير المستخدم.

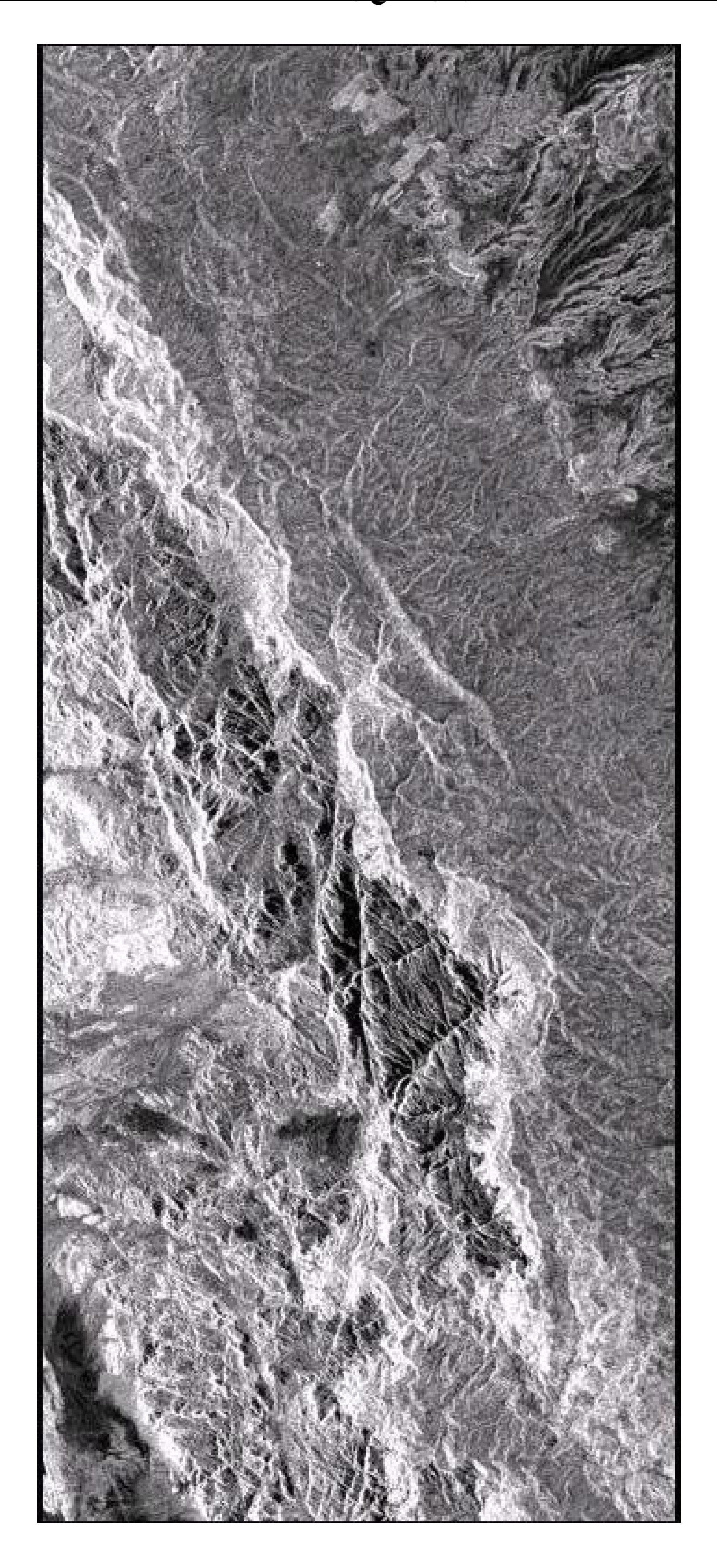
٤-١-١ عملية تجزيء المرئيات Subset:

تطبق هذه العملية على المرئيات في الغالب من أجل دراسة منطقة محددة من المرئيـة في حال تمثيل المرئية لمنطقة أكبر من المنطقة المطلوبة وذلك باقتطاعها من المرئية الأصـلية وأيضاً يمكن استخدامها من أجل اعتماد القنوات (الطبقات) المرغوبة و استبعاد القنوات الغيـر مرغوب فيها في الدراسة (ربابعة، ٢٠٠٣م- PCI, 1998).

لم يتم تطبيق هذه الخوارزمية المتوفرة في برنامج ERDAS علـى مرئيتـي مأدبـا و الأزرق لعدم حاجتهما للتجزيء حيث تم استخدام المرئية الكاملة المتوفرة، في حين تم استخدامها على كل من المرئيتين الملونتين وهما مرئية منطقة دمشق ومنطقة البتراء من أجل اقتطاع قنـاة واحدة وبالتالي الحصول على مرئيات غير ملونة موضحة في الشكل (٤-١) و الـشكل (٤-٢) على التوالي.



الشكل (٤-١) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) غير الملونة لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥م
غير مصححة هندسياً الناتجة عن عملية التجزيء



الشكل (٤-٢) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) غير الملونة لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م غير مصححة هندسياً الناتجة عن عملية التجزيء

٤-١-٢ التصحيح الهندسي:

تحتوي المرئيات الفضائية الخام بشكل عام على تشوهات هندسية، نتيجة لمايلي:

١. التغير في سرعة المسح.
٢. التغير في ارتفاع المنصات (عن سطح الأرض) الحاملة للمجسات، وسرعتها.
٣. انكسار الأشعة في الغلاف الجوي.
٤. انحناء سطح الأرض.
٥. الإزاحة الناتجة عن اختلاف التضاريس.

وبالتالي التصحيح الهندسي ما هو إلا عملية حذف هذه التشوهات بحيث تصبح المرئية مصححة ومتطابقة مع نظام احداثيات عالمي حسب موقعها الحقيقي على الأرض.

وقد قامت الشركات المنتجة لصور الأقمار الصناعية المعروفة بالتخلص من التشوهات الثلاثة الأولى عن طريق تطبيق صيغ رياضية يتم الحصول عليها بتحليل مصادر هذه التشوهات رياضياً (Barrett, 1992)، وهنا يمكن زيادة دقة البيانات الفضائية باستخدام نظام تحديد الموقع العالمي(GPS) من خلال وضع أجهزة GPS عالية الدقة على الأقمار الصناعية، مما يزيد الدقة في تحديد موقع القمر و هذا يساهم في زيادة الدقة في تحديد هذه التشوهات وتخفيضها إلى الحدود الدنيا أو التخلص منها تماماً.

أما بالنسبة للتشوهات الناتجة عن انحناء الأرض واختلاف التضاريس فيتم تصحيحها بربط الصور الفضائية بنقاط تحكم أرضية وفق معادلات ضبط معروفة (Barrett, 1992).

لقد تم إجراء عملية التصحيح على كل المرئيات وذلك باستخدام اقتران Geometric Correction في برنامج ERDAS وذلك عن طريق جمع نقاط الضبط الأرضية Ground Control Points (GCPs) من خرائط خاصة بالمناطق المدروسة وذلك بانتزاع الإحداثيات الكروية (زاوية الطول λ وزاوية العرض ϕ) لنقاط واضحة في الصور الرادارية مثل تقاطعات الطرق وزوايا المهابط في المطارات....الخ. وبعد ذلك يتم إدخال هذه الإحداثيات لكل نقطة يدوياً باستخدام لوحة المفاتيح بعد اختيار خوارزمية كثير الحدود من الدرجة الثالثة 3rd Polynomial للتصحيح الهندسي ونظام اسقاط Projection هو نظام ميركاتور المستعرض UTM (Universal Transverse Mercator) الذي يستخدم إهليلج WGS 84 كتقريب للكرة الأرضية ورقم المنطقة Zone Number هو ٣٦، كما تم استخدام طريقة أقرب قيمة مجاورة Nearest Neighbor لنقل وتجميع الخلايا Resampling وبالتالي الحصول على مرئيات رادارية مصححة هندسياً منسجمة مع موقعها الحقيقي على الأرض.

وكانت النتائج بعد إنجاز عملية التصحيح الهندسي كمايلي:

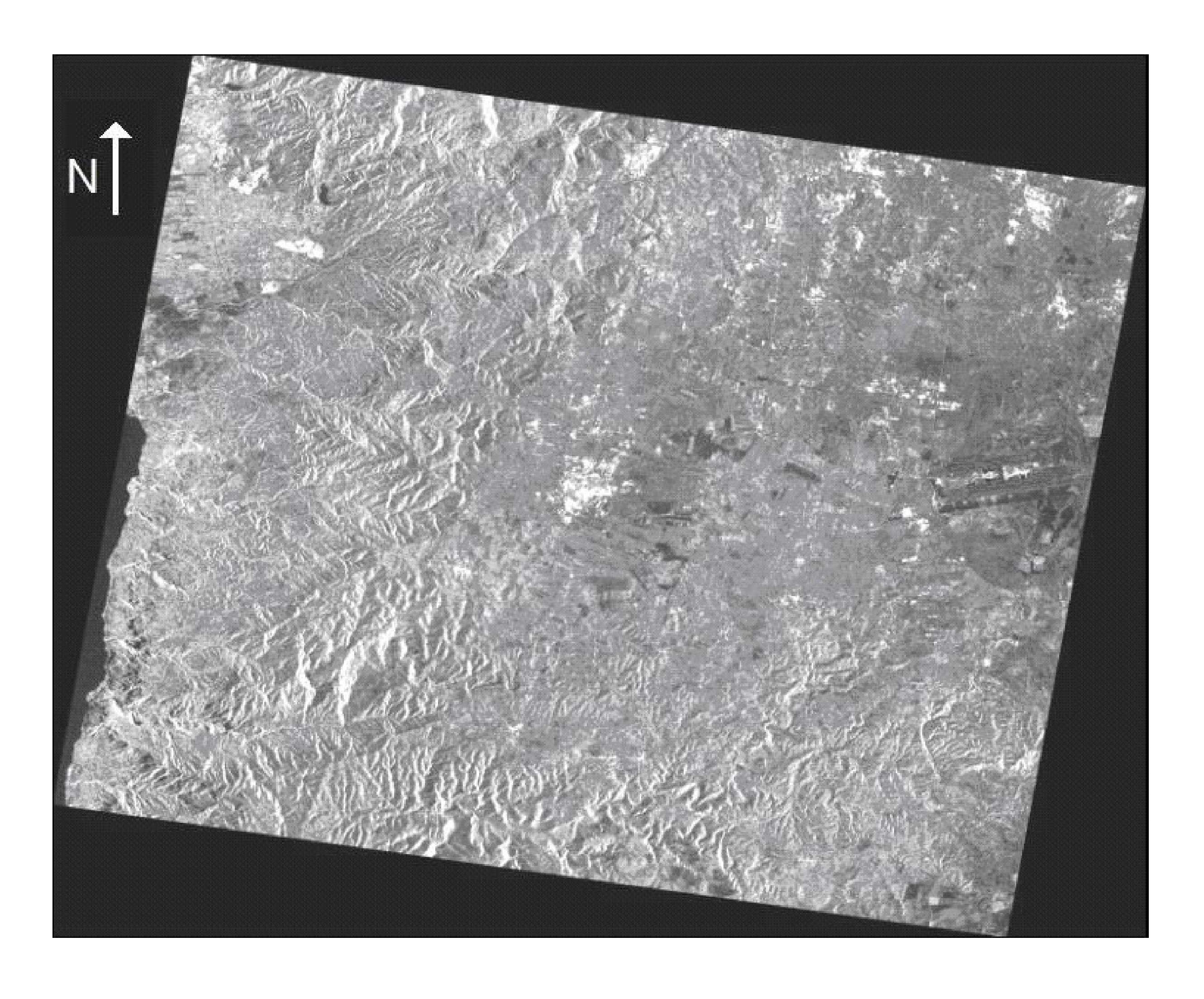
- منطقة مأدبا: غطت مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة مأدبا بعد عملية التصحيح الهندسي و الموضحة في الشكل (٤-٣) مساحة (٥١ كم × ٤١ كم) تقريباً بين:

  زاويتي طول ٥٢,٤٩″ ٣٢′ ٣٥° و ٤٩,٨٨″ ٣′ ٣٦° شرقاً.
  و بين زاويتي عرض ١٩,٦٨″ ٣٠′ ٣١° و ١٧,٢٤″ ٥٥′ ٣١° شمالاً.

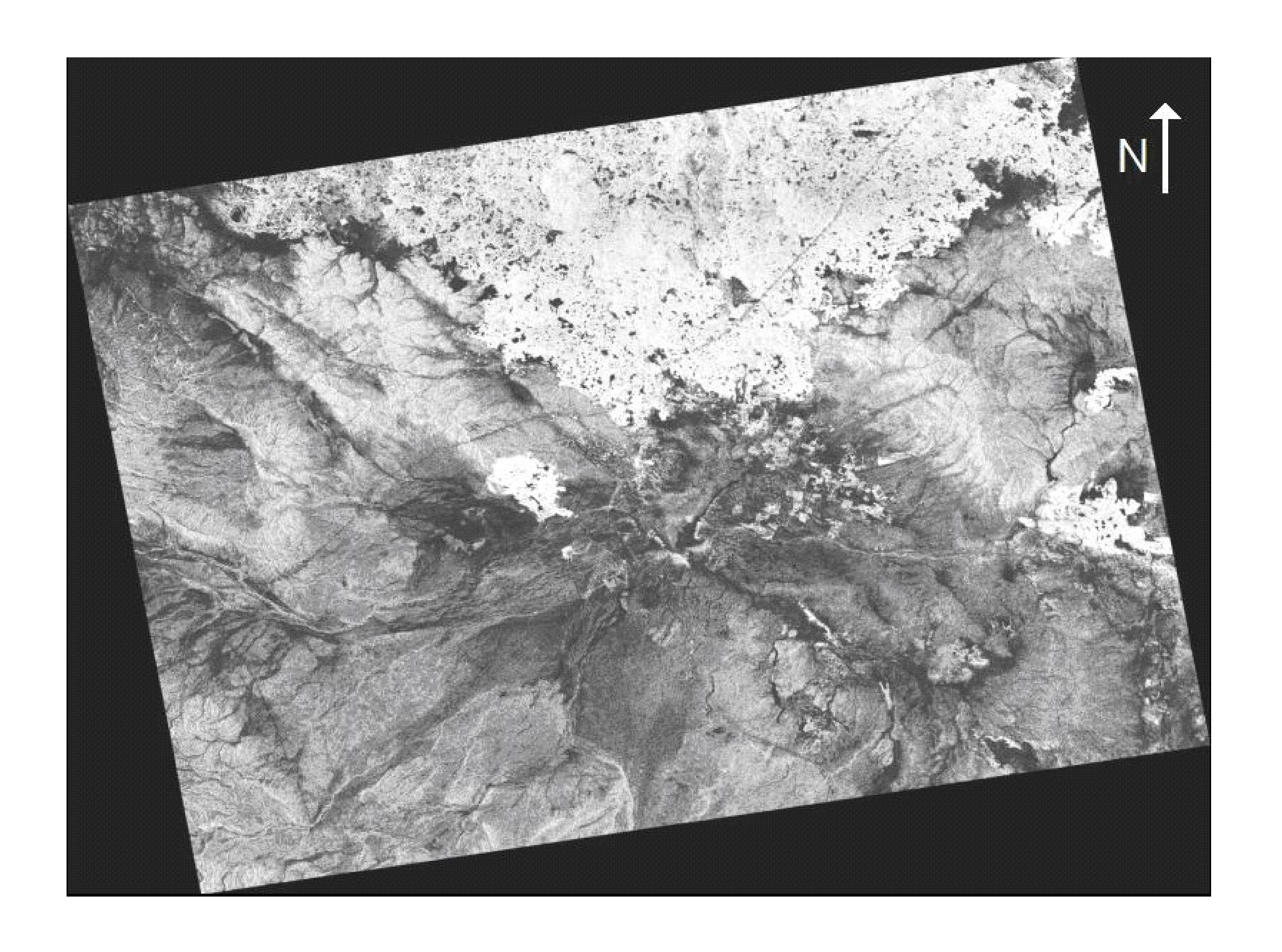
- منطقة الأزرق: غطت مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة الأزرق بعد عملية التصحيح الهندسي و الموضحة في الشكل (٤-٤) مساحة (٩٥ كم × ٦٦ كم) تقريباً بين:
  زاويتي طول ١٧,٦٣″ ٢٠′ ٣٦° و ٤٣,١٤″ ١٧′ ٣٧° شرقاً.
  و بين زاويتي عرض ١٨,٩٣″ ٢٨′ ٣١° و ٢٤,٢٢″ ١٠′ ٣٢° شمالاً.

- منطقة البتراء: غطت مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة البتراء بعد عملية التصحيح الهندسي و الموضحة في الشكل (٤-٥) مساحة (٦٧ كم × ٢٦ كم) تقريباً بين:
  زاويتي طول ٥٨,٣″ ٧′ ٣٥° وَ ٤٧,٨٨″ ٣′ ٤٣′ ٣٥° شرقاً.
  و بين زاويتي عرض ٣٤,٥٨″ ٥٩′ ٢٩° وَ ٣٣,٤٣″ ٣٣′ ٣٠° شمالاً.

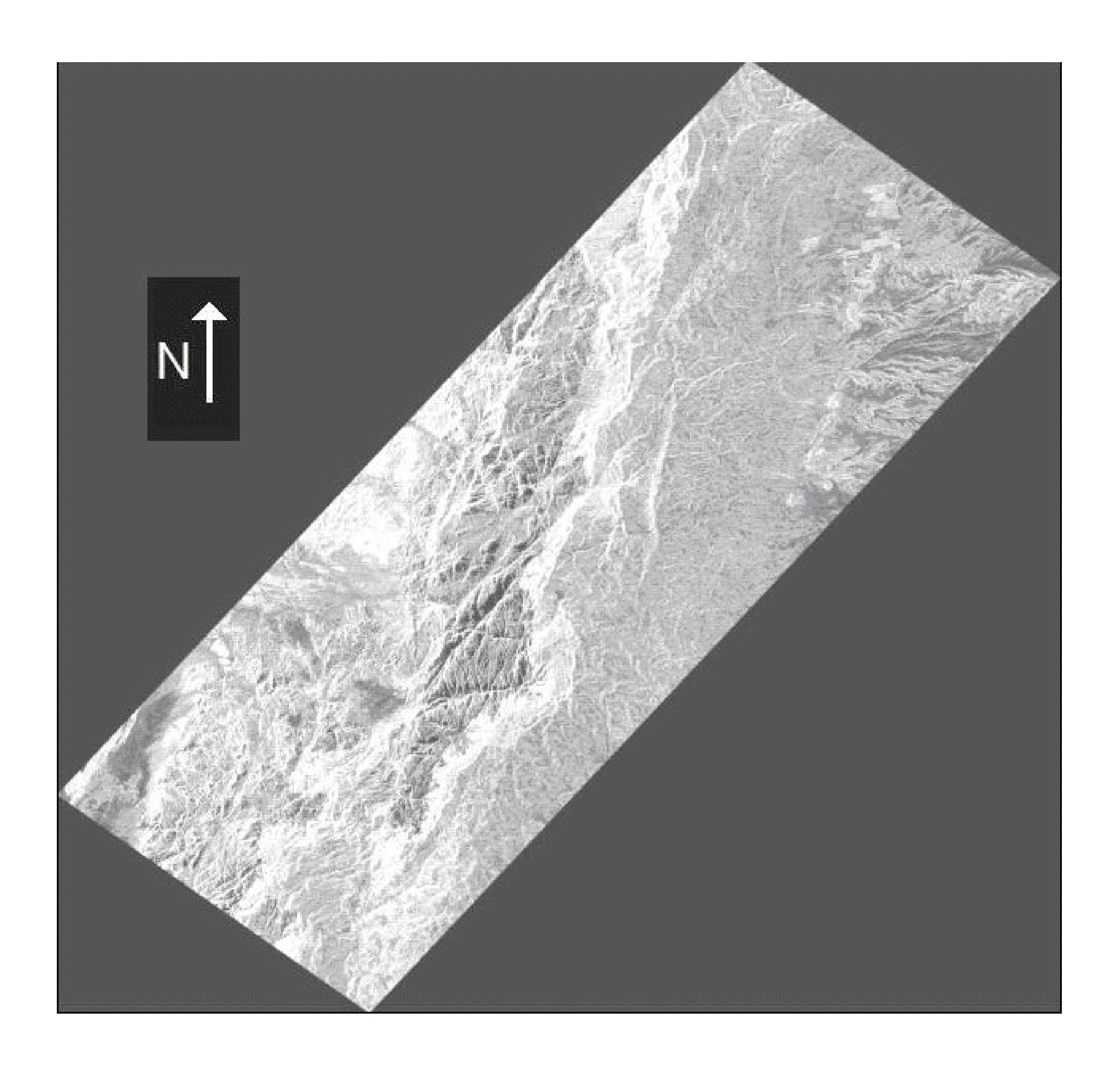
- منطقة دمشق: غطت مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة دمشق بعد عملية التصحيح الهندسي و الموضحة في الشكل (٤-٦) مساحة (١١٣ كم × ١٠١ كم) تقريباً بين:
  زاويتي طول ١٥,٩٩″ ٥٦′ ٣٥° وَ ٩′ ٣٧° شرقاً.
  و بين زاويتي عرض ١٣,٤٧″ ٥٦′ ٣٢° وَ ٤٦,٢″ ١′ ٣٤° شمالاً.



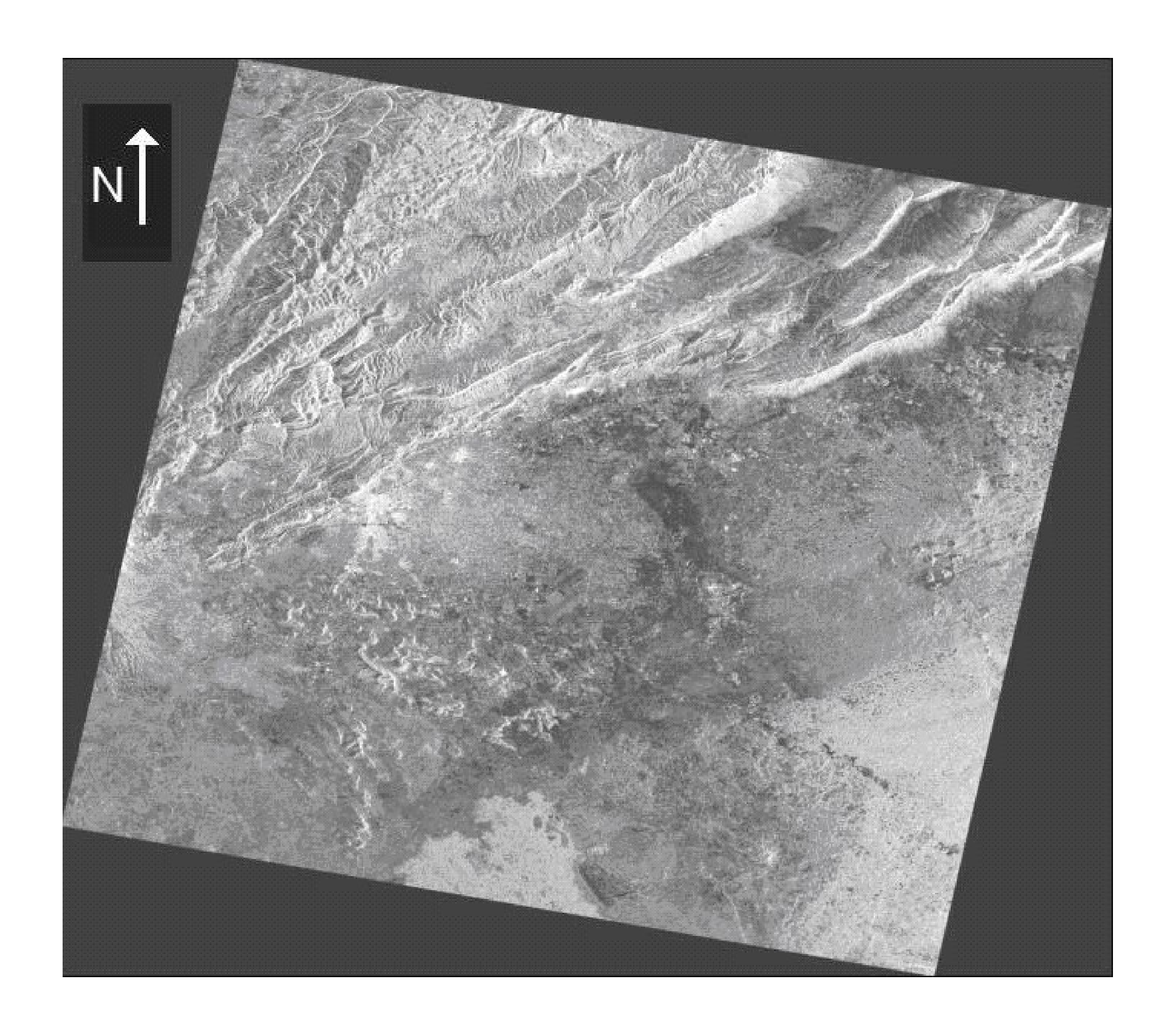
الشكل (٤-٣) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي



الشكل (٤-٤) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي



الشكل (٤-٥) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي



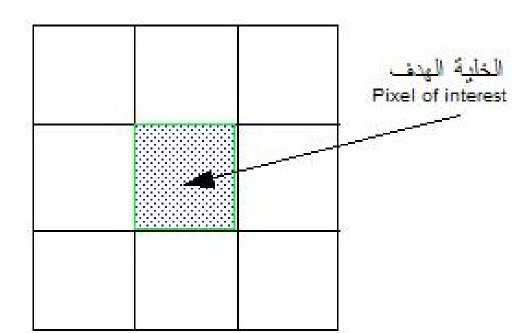
الشكل (٤-٦) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥م بعد إجراء عملية التصحيح الهندسي

٤-٢ المعالجة الرقمية للمرئيات:

٤-٢-١ تصفية المرئيات Filtering:

إن الغاية من عملية التصفية للمرئيات الرادارية هو تقليل البقع السوداء Speckles الناتجة عن التصوير الراداري المائل والذي يسبب ظاهرة الظل Shadow للمناطق المنخفضة والتي تقع خلف المناطق الأكثر ارتفاعاً خصوصاً مناطق الوديان. (PCI, 1998)

تعريف: *المعالجة باستخدام النافذة المتحركة Moving Window Processing*: إن خوارزمية algorithm تفسير المرئيات الرادارية تستخدم مفهوم النافذة المتحركة في التصفية (الفلترة) المكانية، حيث تُنجز المعالجة وفق حسابات رياضية مستخدمةً الخلايا (Pixels) ضمن نافذة متحركة، حيث تقوم النافذة المتحركة بمسح (Scan) المرئية، يبين الشكل المجاور نافذة متحركة بحجم ٣×٣.



يكون حجم النافذة المتحركة دائماً عدد فردي بحيث يوجد خلية واحدة في المركز هي الخلية ذات الاهتمام، ويمكن تحديد خصائص هذه الخلية (النسيج Texture، البقع Speckles...) من خلال حسابات يختارها المستخدم متضمنة كل الخلايا في النافذة المتحركة.

تم انجاز عملية التصفية للمرئية باستخدام خوارزمية Radar Speckle Suppression المتوفرة في برنامج ERDAS وذلك على المرحلتين التاليتين:

١- باستخدام فلتر المنطقة المحلية Local Region مع استخدام أصغر حجم ممكن للنافذة المتحركة وهو ٣×٣ Moving Window Size التي يستخدمها البرنامج في عملية مسح وتصفية المرئية وذلك من أجل دقة أعلى (ERDAS, 1999).

٢- بعد ذلك تم تصفية المرئية الناتجة باستخدام فلتر (لي) Lee مع استخدام حجم النافذة المتحركة ٣×٣.

تم تطبيق المرحلة الأولى من التصفية على كل مرئية من المرئيات الأربعة المصححة هندسياً حيث نتج لدينا أربع مرئيات أخرى تم تصفيتها بالمرحلة الثانية حيث نتج لدينا أربع مرئيات أخرى جاهزة لإجراء بعض التحسينات عليها.

٤-٢-٢ تحسين المرئيات Image Enhancement:

إن تحسين المرئية هو عملية جعل المرئية أكثر قابلية للتفسير من أجل تطبيقات معينة. كما يمكن أن تزيد التباين contrast بشكل عام لبعض السمات الهامة في الصورة أو المرئية ولذلك فهي ضرورية للتفسير والتصنيف (الملحق رقم ٣). (ERDAS, 1999)

بعد انتهاء عملية التصفية تم تطبيق ثلاثة طرق لتحسين المرئيات الرادارية المفلترة وذلك باستخدام خوارزمية Image Enhancement المتوفرة في برنامج ERDAS وهي حسب ترتيب تطبيقها على المرئيات حيث تستخدم المرئية الناتجة من مرحلة معينة كمرئية مدخَلة في المرحلة التي تليها:

١- التحسينات المكانية Spatial Enhancement: تم تطبيق هذه الخوارزمية على كل مرئية من المرئيات الناتجة من المرحلة السابقة (التصفية) حيث استخدم فيها اقتران Wallis Adaptive Filter وأيضاً مع حجم للنافذة المتحركة مساوٍ لـ ٣×٣. ونتج لدينا أربع مرئيات أخرى ستستخدم في المرحلة التالية من التحسينات.

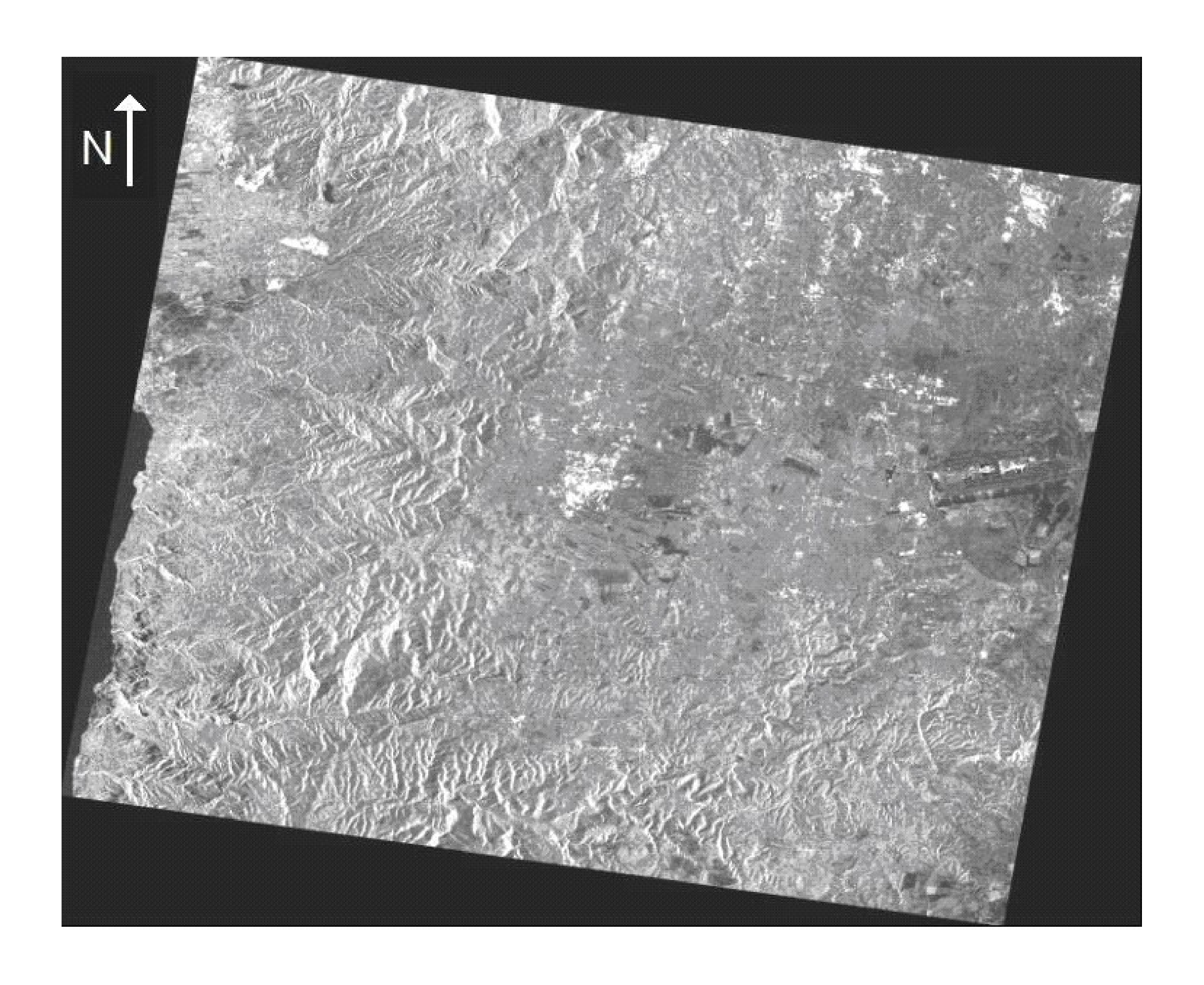
٢- التحسينات الطيفية Spectral Enhancement: تم تطبيق هذه المرحلة على كل مرئية من المرئيات الناتجة من المرحلة السابقة حيث استخدم فيها اقتران تحليل المكونات الأساسية Principal Components Analysis (PCA) والذي يستخدم غالباً كطريقة لضغط البيانات حيث يوفر ضغط وبالتالي اختصار البيانات الفائضة.(ERDAS, 1999) ونتج لدينا من هذه المرحلة أربع مرئيات أخرى سيتم استخدامها في المرحلة التالية من التحسينات.

٣- التحسين باستخدام تحليل فورييه Fourier Analysis: يستخدم تحويل فورييه السريع FFT في تحويل صور الأقمار الصناعية من النموذج الشبكي Raster Model في مدى التردد الطبيعي إلى مدى تردد تخيلي كطريقة تساهم في إزالة الضجيج كالخطوط Striping والبقع Spots والتذبذب في المرئية وذلك من خلال تحديد المناطق ذات التردد المكاني العالي High Spatial Frequency، كما يساهم في إزالة الأخطاء النظامية في البيانات الناتجة عن شذوذات المجس Sensor Anomalies.

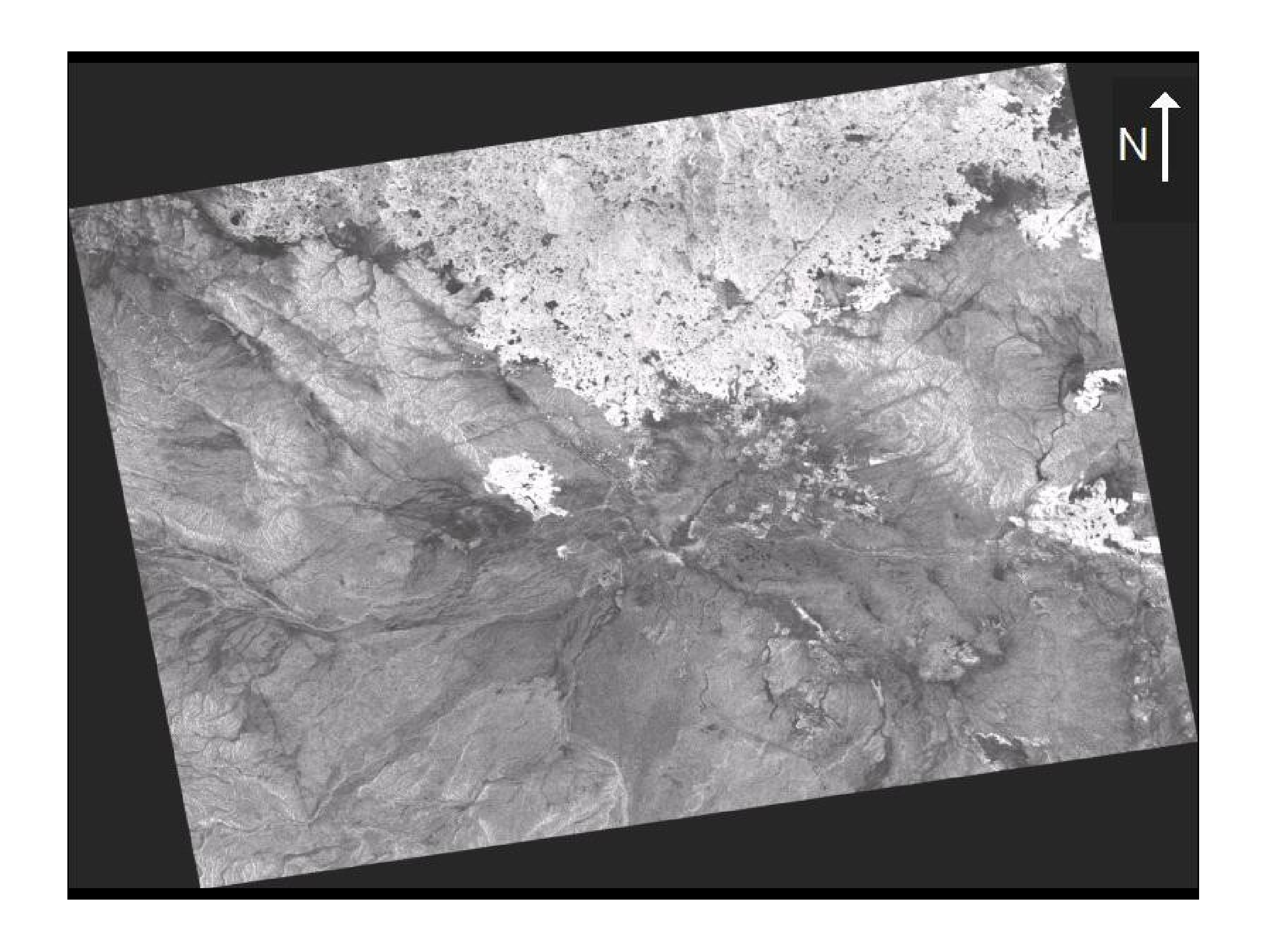
(ERDAS, 1999)

إن المرئيات الناتجة عن استخدام تحويل فورييه السريع FFT هي مرئيات ثنائية الأبعاد وتركيب البيانات فيها معقدة غير متوافقة مع صور الاستشعار عن بعد، لذلك لا بد من إعادتها إلى مرئيات شبكية Raster Images في مدى التردد الطبيعي بحيث يكون تركيب البيانات فيها بسيط ومتوافقة مع صور الاستشعار عن بعد وذلك من خلال استخدام اقتران تحويل فورييه السريع العكسي IFFT المتوفر في برنامج ERDAS. (ربابعة، ٢٠٠٣م)

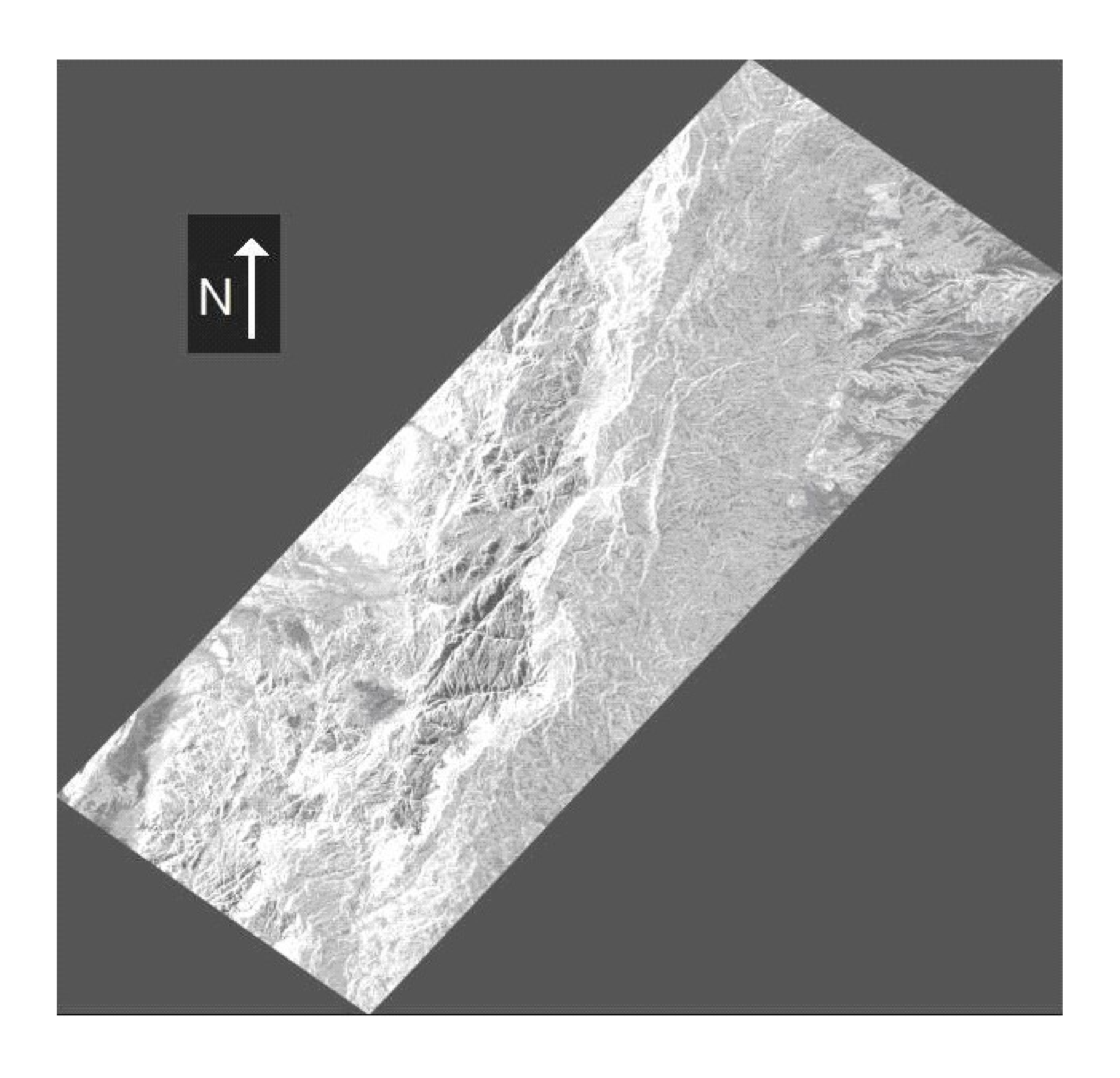
بالنتيجة حصلنا على أربع مرئيات جاهزة لإجراء عملية التصنيف عليها، وتوضح الأشكال (٤-٧) وَ (٤-٨) وَ (٤-٩) وَ (٤-١٠) المرئيات الرادارية لمناطق مأدبا و الأزرق و البتراء ودمشق مفلترة ومحسنة و معالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي على التوالي.



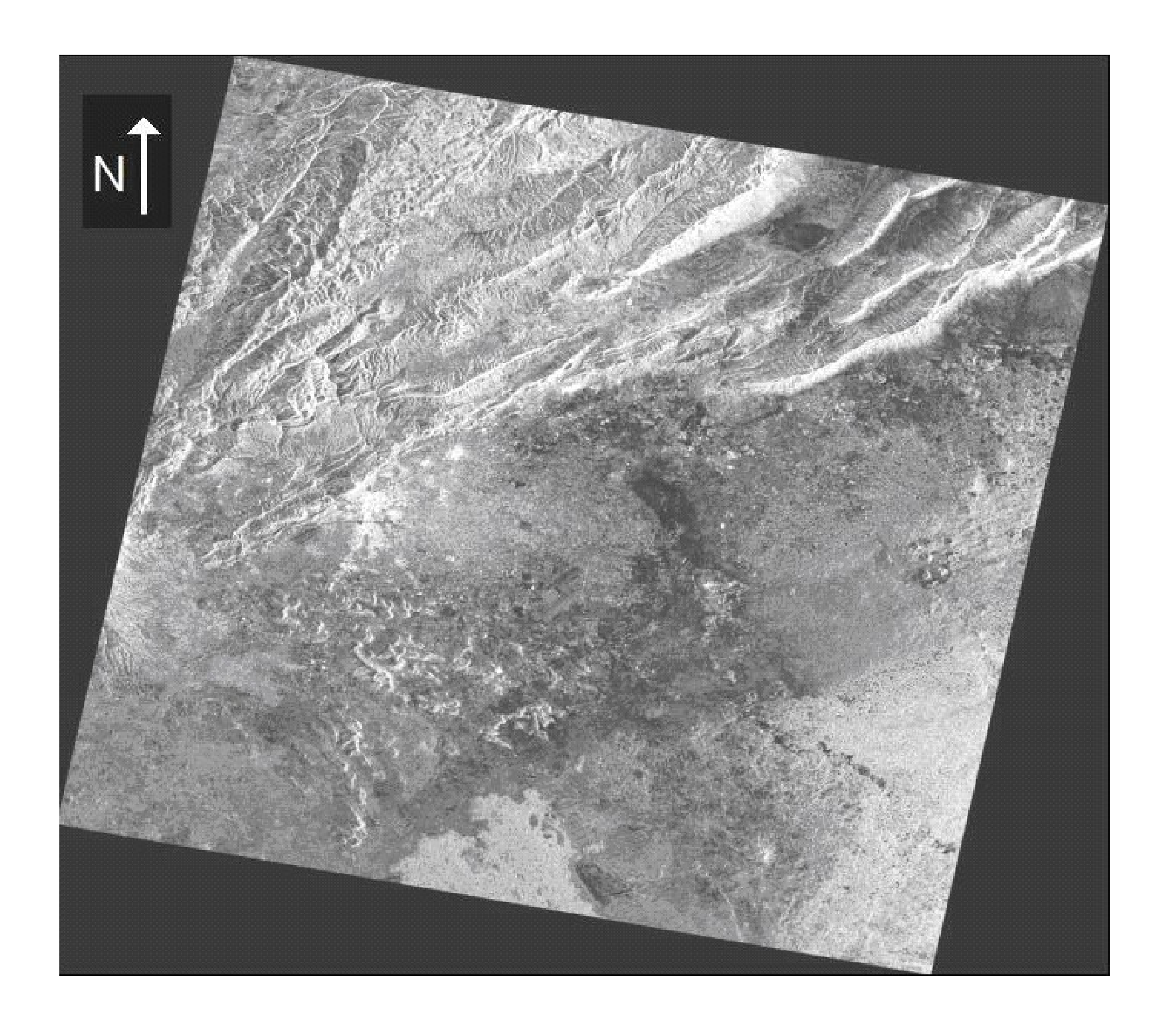
الشكل (٤-٧) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي



الشكل (٤-٨) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي



الشكل (٤-٩) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي



الشكل (٤-١٠) مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥م مصححة هندسياً ومفلترة ومحسنة ومعالجة بتحويل فورييه السريع الأمامي و العكسي

٤-٢-٣ التصنيف (النتائج) Classification:

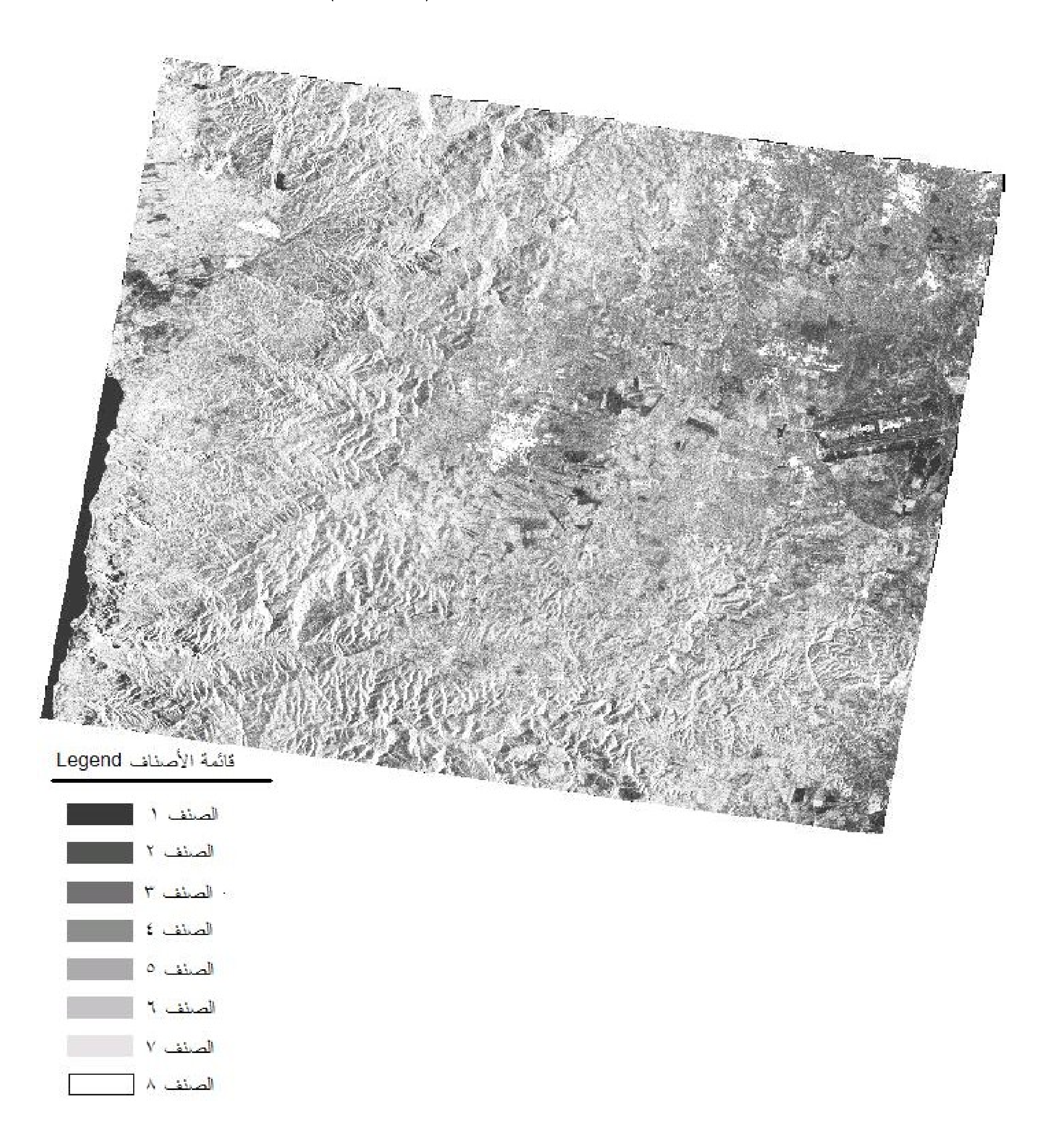
استخدمت طريقة التصنيف غير المراقب Unsupervised Classification باقتران البيانات المتماثلة IsoData في تحليل جميع المرئيات الرادارية حيث أن هذا التصنيف يعتمد على البيانات نفسها في تحديد الأصناف من خلال تحديد مجموعات الخلايا Groups of Pixels ذوات الخصائص الطيفية المتشابهة. تستخدم هذه الطريقة عندما تكون معرفتنا المسبقة بمنطقة الدراسة قليلة ومحدودة وبالتالي فإنه من مسؤولية المحلل تحديد ماهيّة هذه الأصناف بعد تصنيفها بالحاسوب. (ERDAS, 1999)

أولاً: منطقة مأدبا: لقد تم تطبيق هذه الخوارزمية على مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة مأدبا حيث تم تحديد الحد الأعظمي للتكرار Maximum Iteration بـ ٢٤ تكرار كما حددت عتبة الوضوح Convergence Threshold بـ ٠,٩٧ حيث يتوقف الحاسوب عن تكرار العملية عندما يحقق الوضوح المطلوب ولا يوجد فرق واضح عن العملية السابقة أو يصل الحد الأعظمي للتكرار، كما حُدِّد عدد الأصناف Number of Classes بـ ٨ أصناف (الجدول ٤-١) حيث أن هذا العدد كافي لتأمين معلومات جيدة عن غطاء سطح الأرض من النباتات والتربة والصخور والمنشآت في هذه المنطقة، ويوضح الجدول (٤-١) مخطط تصنيف الغطاء الأرضي لمنطقة مأدبا (ربابعة، ٢٠٠٣م).

الصنف باللغة العربية	الصنف باللغة الإنكليزية	الوصف
ماء	Water	مياه البحر الميت ومناطق تجميع المياه من سدود وبرك
تربة مكشوفة	Bare Soil	الترب المكشوفة الغير مغطاة بأي نبات
صخور مكشوفة	Bare Rocks	صخور مكشوفة غير مغطاة بالنبات أو أي غطاء أرضي
مزارع	Farms	مزارع شجرية بالإضافة إلى بستنة خضرية (مروية)
محاصيل حقلية متوسطة وعالية الكثافة	Field Crops Medium And High Intensity	مناطق مغطاة بالنباتات بكثافة أعلى من ٣٥%
محاصيل حقلية متدنية الكثافة/مراعي	Field Crops Low Intensity\Rangeland	مناطق مغطاة بالنبات بكثافة أقل من ٣٥%
صخور مكشوفة/مراعي	Bare Rocks\Rangeland	صخور مكشوفة مغطاة بالنبات
مناطق مدنية	Urban	مناطق تضم المدن، القرى، والتجمعات التجارية والصناعية

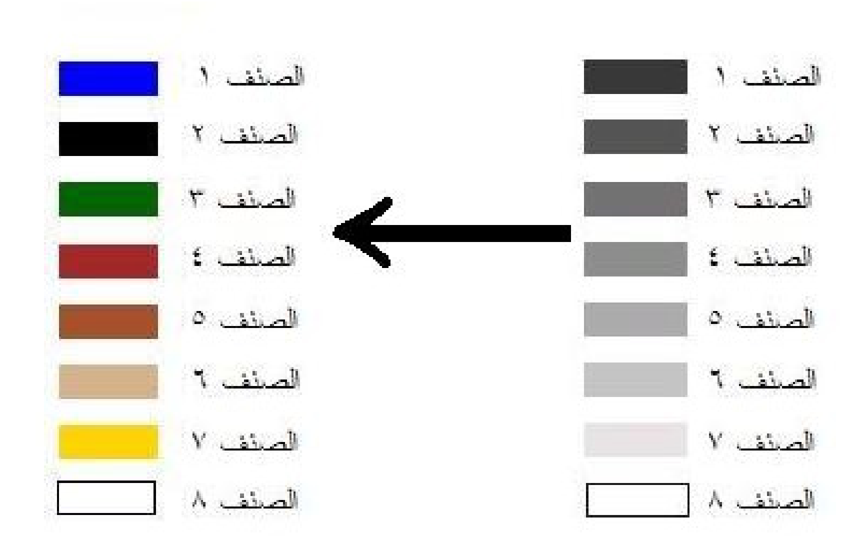
الجدول (٤-١) مخطط تصنيف الغطاء الأرضي لمنطقة مأدبا

وبعد انتهاء عملية التصنيف التي يجريها الحاسوب نكون قد حصلنا على مرئية رادارية مصنفة إلى ثمانية أصناف مختلفة الألوان بالتأكيد ذات تدرج رمادي كما هو موضح في الـــشكل (٤-١١) الذي يوضح مرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا المعالجة رقمياً بعد إجراء عملية التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData).



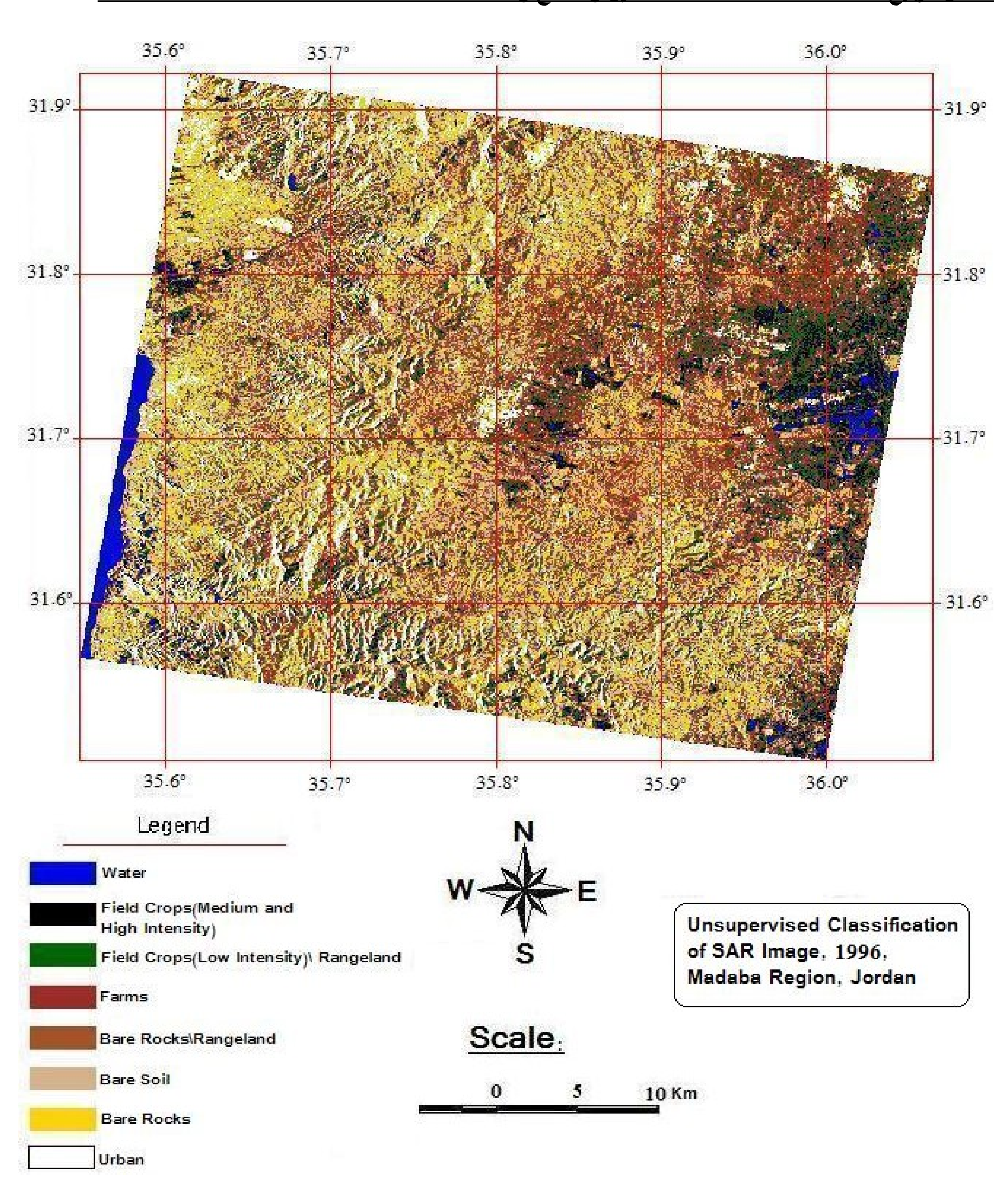
الشكل (٤-١١) مرئية رادار الفتحة التركيبية (SAR) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م الناتجة عن تطبيق خوارزمية التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData)

وهذه المرئية كما هو واضح من الشكل ذات تدرج رمادي يصعب على العين البشرية التمييز بين الأصناف المختلفة بسهولة ولذلك فقد تم التلاعب بالألوان وتبديل الألوان الرمادية بألوان أخرى وذلك حسب ماهو موضح في الشكل (٤-١٢) وهي بالتأكيد ألوان اختيارية عشوائية (غير مشابهة للواقع كما في الصور الضوئية)، وذلك لغاية زيادة التباين (التمييز البصري) بين الأصناف فقط، و تم ذلك باستخدام خوارزمية Signature Editor المتوفرة في برنامج ERDAS.

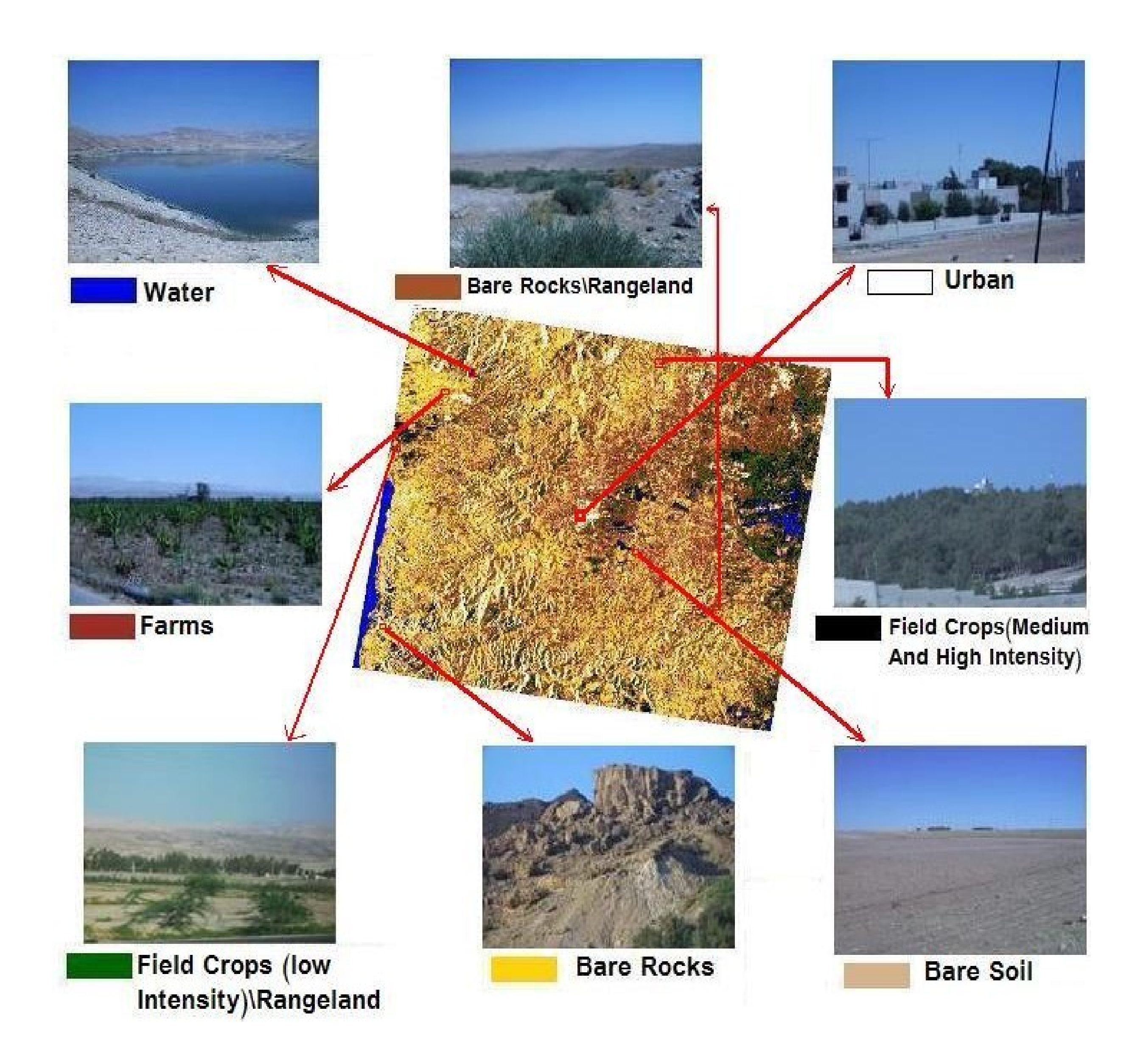


الشكل (٤-١٢) استبدال ألوان التدرج الرمادي في المرئية الرادارية لمنطقة مأدبا بألوان كاذبة باستخدام خوارزمية Signature Editor

وبعد تطبيق خوارزمية Signature Editor على مرئية منطقة مأدبا ذات التدرج الرمادي تصبح بألوان جديدة كما هو موضح في الشكل (٤-١٣) الذي حصلنا عليه بعد تطبيق خوارزمية Map Composer المتوفرة في برنامج ERDAS لتصبح الصورة على شكل خريطة ويوضح الشكل خارطة غطاء الأرض Land Cover لمنطقة مأدبا، كما يوضح الشكل (٤-١٤) نتائج التصنيف غير المراقب بعد تحديد اللون المقابل لكل صنف بالإضافة إلى صورة ضوئية واحدة كمثال توضيحي عن كل صنف من الأصناف وذلك من خلال بعض الزيارات الميدانية التي أجريت بمساعدة جهاز تحديد المواقع العالمي GPS من نوع GPSMAP76S من تصميم شركة GARMIN Olathe, KS, USA للوصول إلى مناطق كثيرة من مختلف الأصناف الثمانية، حيث تم تحديد عدد من المواقع (الإحداثيات) الجغرافية (زاوية الطول λ و زاوية العرض ϕ) والتي ينبغي زيارتها للتعرف عليها من كل صنف من الأصناف مسبقاً من خلال المرئية المصنفة المصححة هندسياً والموضحة في الشكل (٤-١٣).

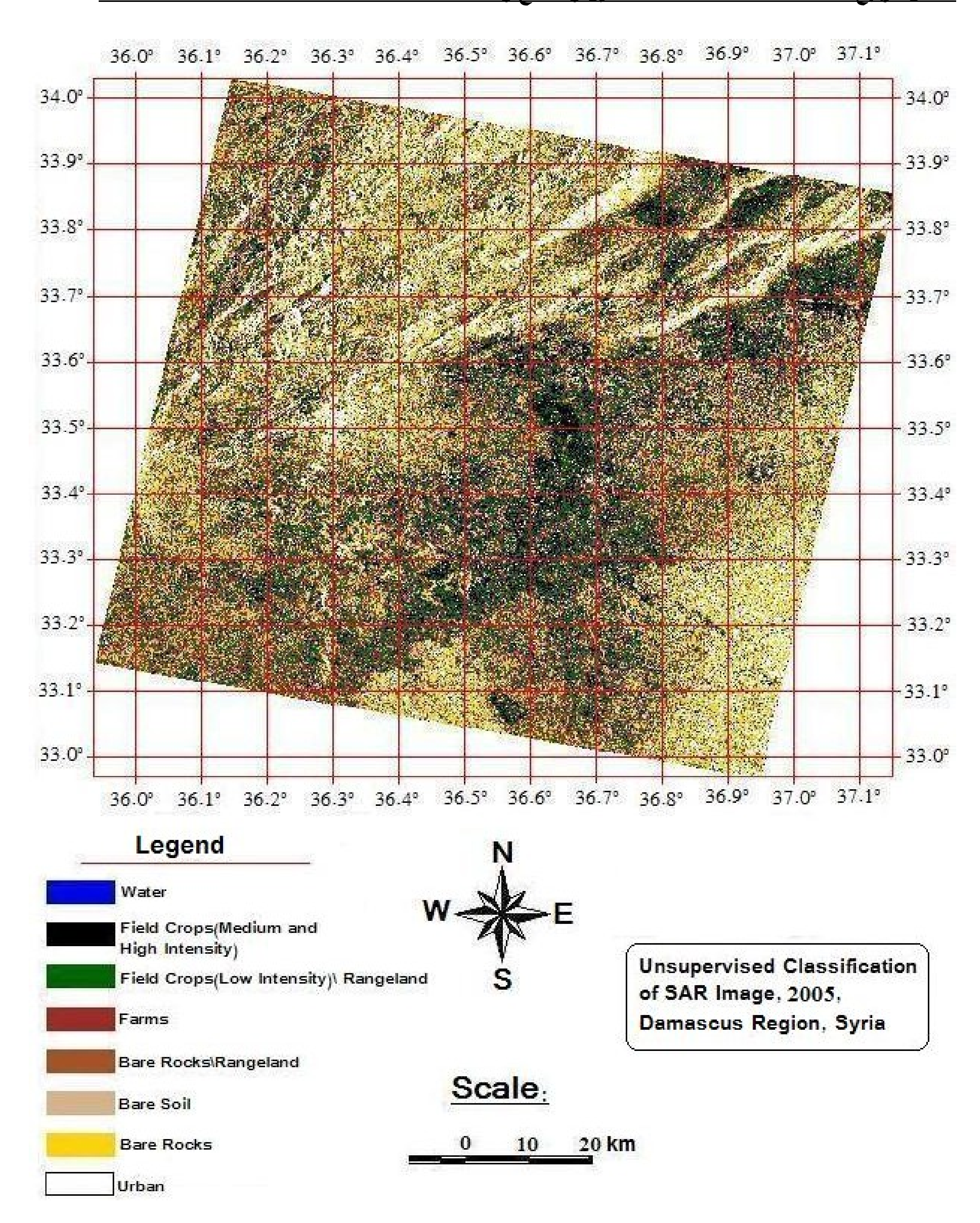


الشكل (٤-١٣) خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة مأدبا بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData) لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦م المعالجة رقمياً



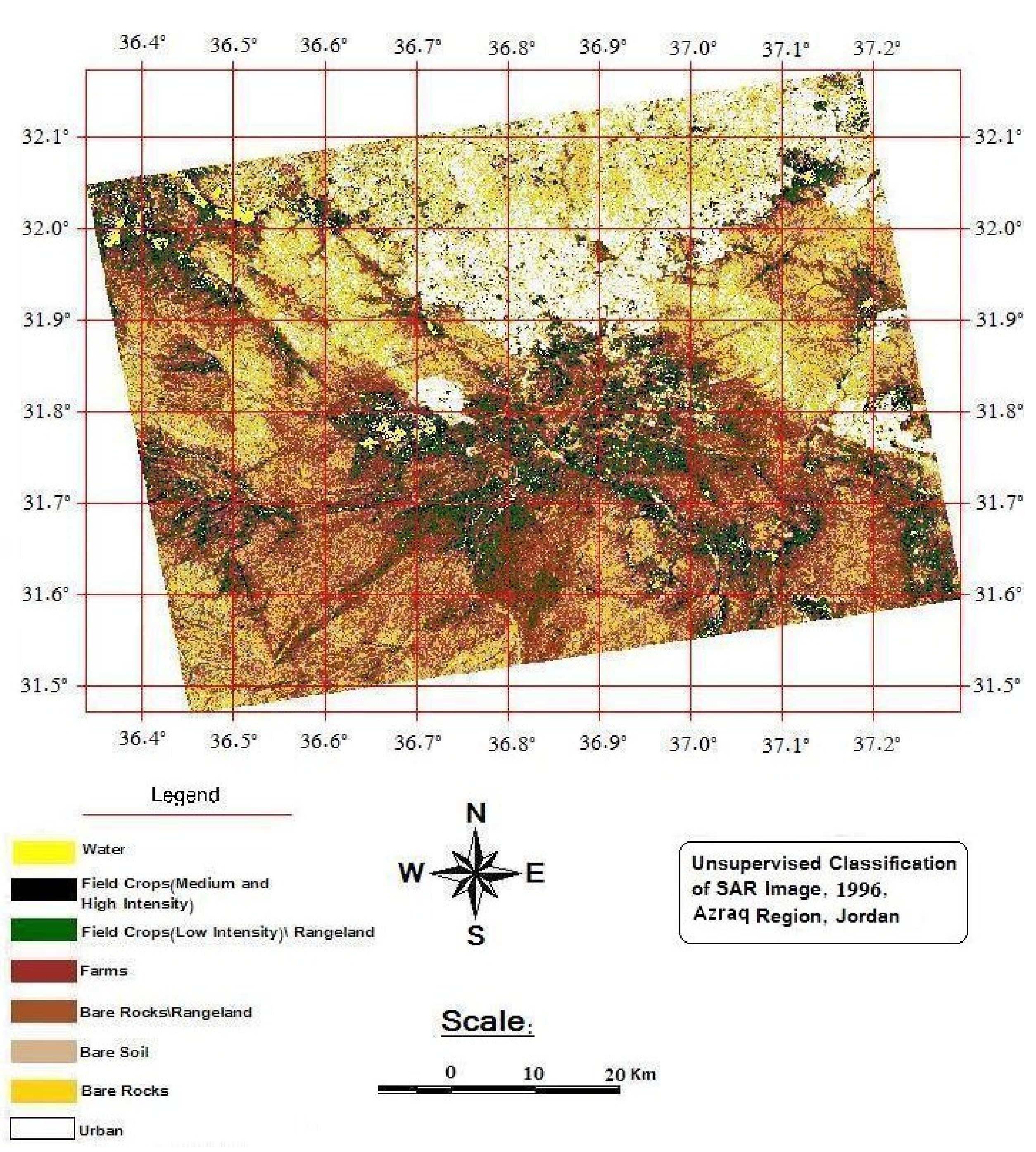
الشكل (٤-١٤) التصنيف غير المراقب لمرئية رادار الفتحة التركيبية (C-Band) لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦م

ثانياً: منطقة دمشق: لقد تم تطبيق خوارزمية التصنيف غير المراقب على مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة دمشق بشكل مشابه تماماً لمنطقة مأدبا حيث تم تكرار نفس الخطوات السابقة و ذلك نظراً للتشابه النسبي التقريبي بين طبيعة و بيئة المنطقتين، وكانت نتيجة التصنيف كما هو في الشكل (٤-١٥) الذي يوضح خارطة غطاء الأرض لمنطقة دمشق.



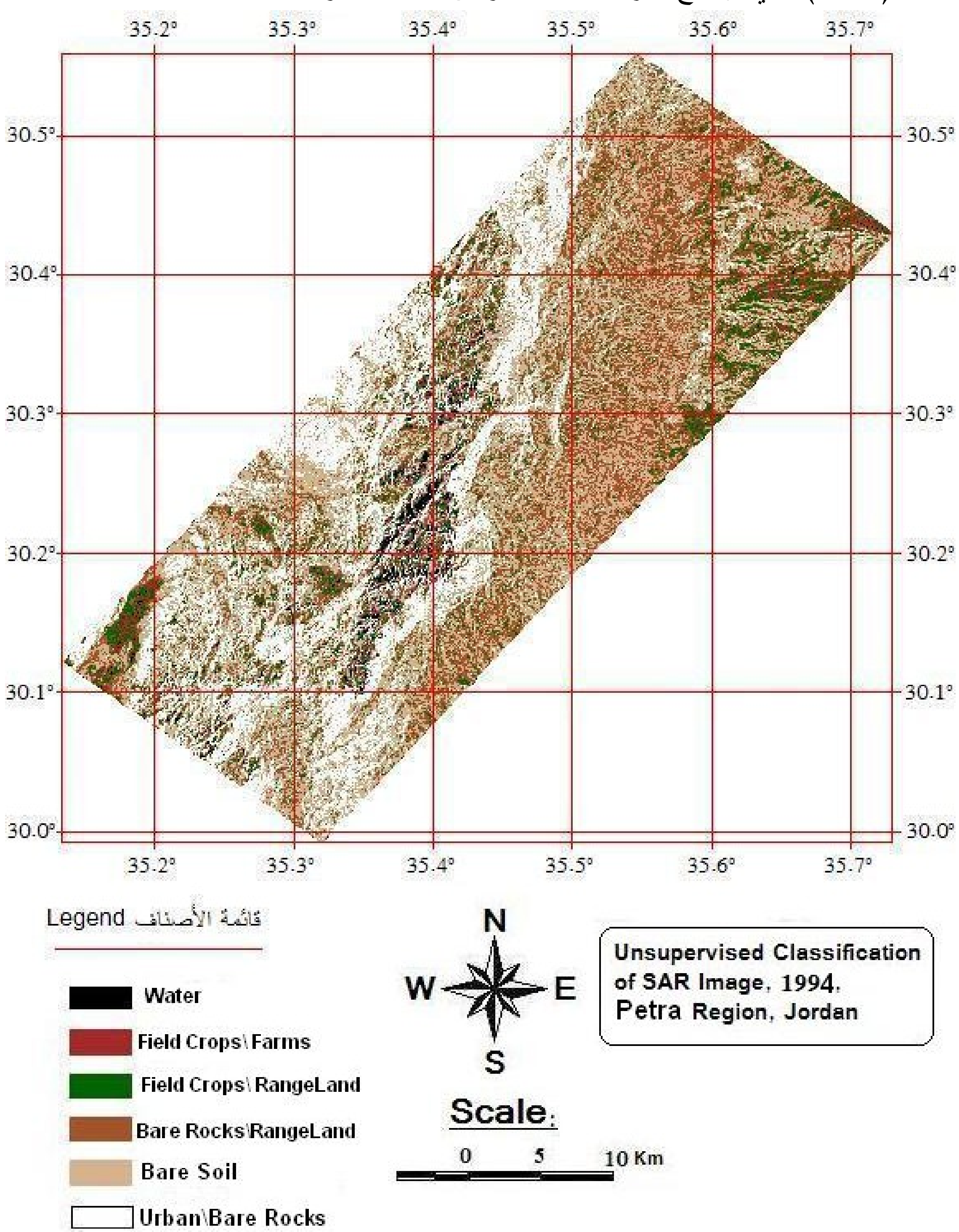
الشكل (٤-١٥) خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة دمشق بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData) لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ٢٠٠٥ م المعالجة رقمياً

ثالثاً: منطقة الأزرق: لقد تم تطبيق خوارزمية التصنيف غير المراقب (IsoData) على مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة الأزرق بشكل مشابه تماماً لما سبق حيث تم تكرار نفس الخطوات السابقة، وكانت نتيجة التصنيف كما هو في الشكل (٤-١٦) الذي يوضح خارطة غطاء الأرض لمنطقة الأزرق.



الشكل (٤-١٦) خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة الأزرق بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة (IsoData) لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦ م المعالجة رقمياً

رابعاً: منطقة البتراء: لقد تم تطبيق خوارزمية التصنيف غير المراقب (IsoData) على مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة البتراء بشكل مختلف قليلاً حيث تم دمج بعض الأصناف المتقاربة في انعكاسيتها الطيفية لأسباب معينة (انظر الفقرة ٤-٤)، وكانت نتيجة التصنيف كما هو في الشكل (٤-١٧) الذي يوضح خارطة غطاء الأرض لمنطقة البتراء.

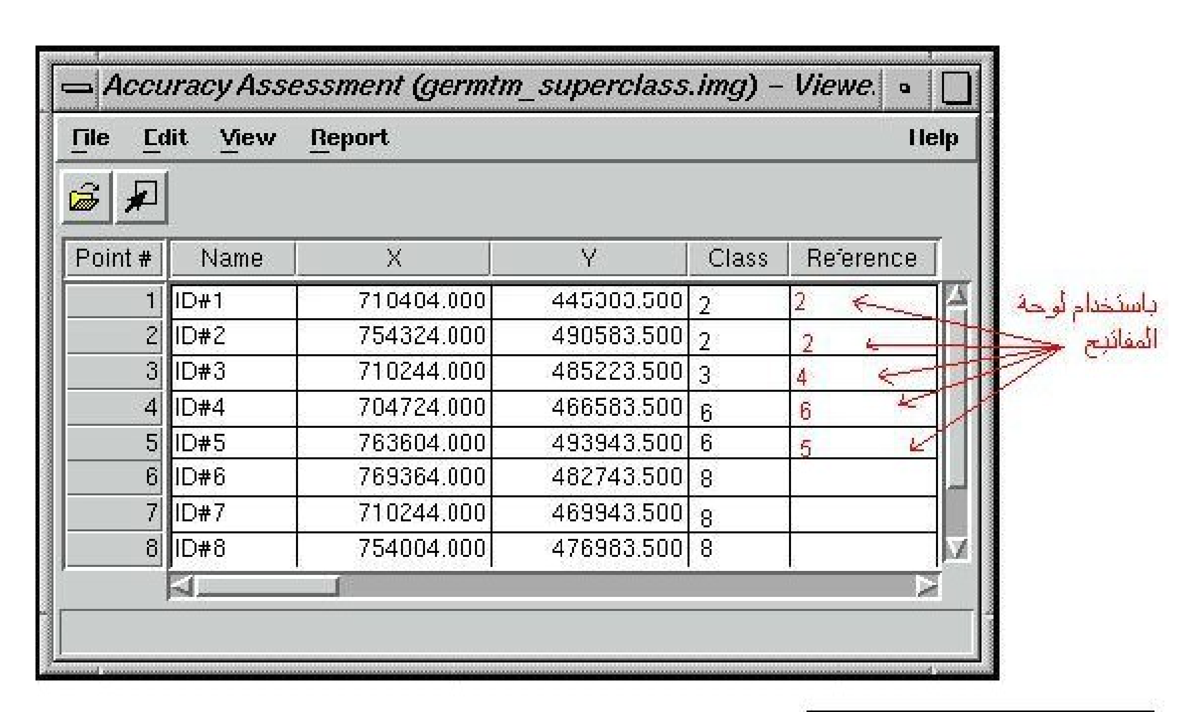


الشكل (٤-١٧) خارطة الغطاء الأرضي Land Cover لمنطقة البتراء باستخدام مرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦ م المعالجة رقمياً

٤-٣ تقييم الدقة Accuracy Assessment:

تهدف هذه العملية إلى تقييم وبيان دقة التصنيف الكلية (Overall Accuracy)، وكذلك معرفة دقة كل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف حيث يؤمّن استخدام هذه الخوارزمية المتوفرة في برنامج ERDAS مقارنة خلايا (بيكسلات) معينة من المرئية المصنفة مع خلايا مرجعية (أصنافها معروفة)، أي مقارنة التصنيف مع بيانات الحقل الحقيقية (Ground Truth Data) مثل الخرائط المصححة مسبقاً، الصور الجوية (Aerial Photos)، أو أية بيانات أخرى (ERDAS, 1999).

يتم إنجاز هذه العملية من خلال جدول يمثل مصفوفة الالتباس (Confusion Matrix) التي تحوي مجموعة من العينات (النقاط) العشوائية من المرئية المصنفة مع ما تمثله هذه العينات على أرض الواقع، من خلال استخدام بيانات مرجعية تخصّ مناطق الدراسة وهي خرائط استعمالات الأراضي المنتجة من قبل وزارة الزراعة والمصححة ميدانياً للتعرف على غطاء الأرض من نباتات وتربة وصخور (الملاحق ٥-٦-٧-٨-٩-١٠) بالإضافة إلى بعض الزيارات الميدانية كبيانات مرجعية. حيث يتم إدخال قيمة الصنف المرجعية (Reference) لكل نقطة من النقاط العشوائية يدوياً باستخدام لوحة المفاتيح ثم يقوم البرنامج بمقارنة هذه القيمة مع قيمة الصنف (Class) في المرئية وتشكيل مصفوفة الالتباس (الشكل ٤-١٨).



(ERDAS, TourGuide,1999)

الشكل (٤-١٨) كيفية إدخال البيانات المرجعية

لقد تم تطبيق خوارزمية تقييم الدقة (Accuracy Assessment) باستخدام برنامج ERDAS على كل مرئية من المرئيات الرادارية المصنفة بالتصنيف غير المراقب الخاصة بمناطق الدراسة حيث تم اختيار عدد من النقاط العشوائية يختلف من مرئية إلى أخرى وذلك حسب ما هو مناسب تقريباً للمساحة التي تغطيها المرئية والتنوع البيئي فيها، وقد قمنا في هذه الدراسة باختيار ٢٤٠ نقطة عشوائية في مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة مأدبا ومقارنتها مع البيانات المرجعية المتوفرة من مختلف الأصناف المستخدمة، وأيضاً ٣٠٠ نقطة عشوائية للمرئية الخاصة بمنطقة دمشق، وكذلك ٢٧٠ نقطة عشوائية من المرئية الرادارية لمنطقة الأزرق، أما بالنسبة للمرئية الخاصة بمنطقة البتراء فقد تم تحديد عدد النقاط العشوائية بـ ٢٤٠ نقطة عشوائية.

يتم حساب دقة كل صنف مستخدم في عملية التصنيف من قسمة عدد العينات العشوائية التي تطابقت مع البيانات المرجعية على المجموع الكلي لعينات الصنف نفسه في مصفوفة الالتباس. أما الدقة الكلية لطريقة التصنيف فيتم حسابها من خلال قسمة المجموع الكلي للعينات للأصناف المستخدمة في عملية التصنيف والتي تطابقت مع البيانات المرجعية (الأرقام التي تكون بشكل قطري في مصفوفة الالتباس) على المجموع الكلي للعينات العشوائية (ربابعة، ٢٠٠٣ م).

ففي الجدول (٤-٢) الذي يبين تقييم الدقة للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦ م مثلاً، كانت الدقة لصنف التربة المكشوفة Bare Soil هي ٣١÷٤٨=٦٤,٦% حيث أن الرقم ٣١ يدل على عدد العينات العشوائية من صنف التربة المكشوفة التي تطابقت مع العينات المرجعية و الرقم ٤٨ يدل على العدد الكلي للعينات العشوائية المأخوذة لهذا الصنف، وكانت الدقة الكلية للتصنيف المستخدم في هذه المرئية ١٥٨÷٢٤٠=٦٥,٨% حيث أن الرقم ١٥٨ ناتج عن جمع أعداد القطر الرئيسي لمصفوفة الخطأ (أو الالتباس) أي: ٥+١٠+١٧+٢٢+٢٢+٣١+٣٣+١٨ أي يمثل المجموع الكلي للعينات العشوائية من مختلف الأصناف التي تطابقت مع البيانات المرجعية، ويمثل الرقم ٢٤٠ العدد الكلي للعينات العشوائية المأخوذة في مرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة مأدبا.

وتبين الجداول (٤-٣)(٤-٤)(٤-٥) تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئيات رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمناطق: دمشق عام ٢٠٠٥ م، الأزرق عام ١٩٩٦م، والبتراء عام ١٩٩٤م على التوالي.

جدول (٤-٢) تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة مأدبا عام ١٩٩٦ م.

	Reference Data									
Class	**W**	**FC(H+M)**	**FC(L)\RL**	**F**	**BR\RL**	**BS**	**BR**	**U**	**Total**	**Class Accuracy**
W	**٥**	٥	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١٠	%٥٠
FC(H+M)	٠	**١٠**	٠	٠	١	٠	٠	٠	١١	%٩١
FC(L)\RL	٠	٣	**١٧**	٨	٣	٠	٠	٠	٣١	%٥٥
F	٠	٠	١	**٢٢**	٥	٠	٠	٠	٢٨	%٧٨,٦
BR\RL	٠	٠	٠	٧	**٢٢**	٩	١	٠	٣٩	%٥٦,٤
BS	٠	٠	٠	١	٤	**٣١**	٩	٣	٤٨	%٦٤,٦
BR	٠	٠	٠	٠	٠	٦	**٣٣**	١	٤٠	%٨٢,٥
U	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١٥	**١٨**	٣٣	%٥٤,٥
Total	٥	١٨	١٨	٣٨	٣٥	٤٦	٥٨	٢٢	٢٤٠	**Overall Accuracy = 65.8%**

Classes Abbreviation اختصارات الأصناف

(1) W=Water; **(2)** FC (H+M) =Field crops (Medium and High intensity);
(3) FC (L)\RL= Field Crops (Low intensity)\Rangeland; **(4)** F=Farms;
(5) BR\RL=Bare Rocks\ Rangeland; **(6)** BS=Bare Soil; **(7)** BR= Bare Rocks; **(8)** U= Urban.

جدول (٤-٣) تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة دمشق عام ٢٠٠٥ م.

	Reference Data									
Class	**W**	**FC(H+M)**	**FC(L)\RL**	**F**	**BR\RL**	**BS**	**BR**	**U**	**Total**	**Class Accuracy**
W	١٥	١٣	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٢٨	%٥٣,٦
FC(H+M)	٠	١٧	٦	٠	٠	٠	٠	٠	٢٣	%٧٤
FC(L)\RL	٠	٨	١٧	٧	٠	٠	٠	٠	٣٢	%٥٣
F	٠	٠	١٠	٢٣	٣	١	٠	٠	٣٧	%٦٢,٢
BR\RL	٠	٠	٠	١	٢٨	٨	١	٠	٣٨	%٧٣,٧
BS	٠	٠	٠	٢	١	٢٨	١٤	٠	٤٥	%٦٢,٢
BR	٠	٠	٠	٠	٠	١٣	٣٧	٢	٥٢	%٧١,٢
U	٠	٠	٠	٠	٠	١	١٦	٢٨	٤٥	%٦٢,٢
Total	١٥	٣٨	٣٣	٣٣	٣٢	٥١	٦٨	٣٠	٣٠٠	**Overall Accuracy = 64.3%**

Classes Abbreviation اختصارات الأصناف

(1) W=Water; **(2)** FC (H+M) =Field crops (Medium and High intensity);
(3) FC (L)\RL= Field Crops (Low intensity)\Rangeland; **(4)** F=Farms;
(5) BR\RL=Bare Rocks\ Rangeland; **(6)** BS=Bare Soil; **(7)** BR= Bare Rocks; **(8)** U= Urban.

جدول (٤-٤) تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة الأزرق عام ١٩٩٦ م.

	Reference Data									
Class	**W**	**FC(H+M)**	**FC(L)\RL**	**F**	**BR\RL**	**BS**	**BR**	**U**	**Total**	**Class Accuracy**
W	٤	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٥	%٨٠
FC(H+M)	٠	٩	٦	٠	٠	٠	٠	٠	١٥	%٦٠
FC(L)\RL	٠	٣	٢٠	١١	٠	٠	٠	٠	٣٤	%٥٨,٨
F	٠	١	٨	٢٣	٧	٠	٠	٠	٣٩	%٥٩
BR\RL	٠	٠	٣	٨	٢٦	١٠	١	٠	٤٨	%٥٤,٢
BS	٠	٠	٠	١	٣	٢٣	٨	٠	٣٥	%٦٥,٧
BR	٠	٠	٠	٠	١	٤	٣٠	٨	٤٣	%٦٩,٨
U	٠	٠	٠	٠	٠	١	٣١	١٩	٥١	%٣٧,٣
Total	٤	١٤	٣٧	٤٣	٣٧	٣٨	٧٠	٢٧	٢٧٠	**Overall Accuracy =57%**

Classes Abbreviation اختصارات الأصناف

(1) W=Water; **(2)** FC (H+M) =Field crops (Medium and High intensity);
(3) FC (L)\RL= Field Crops (Low intensity)\Rangeland; **(4)** F=Farms;
(5) BR\RL=Bare Rocks\ Rangeland; **(6)** BS=Bare Soil; **(7)** BR= Bare Rocks; **(8)** U= Urban.

جدول (٤–٥) تقييم الدقة Accuracy Assessment للتصنيف غير المراقب باقتران IsoData ولكل صنف من الأصناف المستخدمة في عملية التصنيف لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR المعالجة رقمياً لمنطقة البتراء عام ١٩٩٤ م.

Class	Reference Data							Class Accuracy
	W	FC\F	FC\RL	BR\RL	BS	U\BR	Total	
W	**٣**	٢	٠	٠	٠	٠	٥	%٦٠
FC\F	٢	**٢**	١	٠	٠	٠	٥	%٤٠
FC\RL	٠	٠	**١٠**	٤	١	٠	١٥	%٦٦,٧
BR\RL	٠	٠	٦	**٣٣**	٢٨	٥	٧٢	%٤٥,٨
BS	٠	٠	٠	٩	**٦٩**	٥	٨٣	%٨٣,١
U\BR	٠	٠	٠	٨	٢٥	**٢٧**	٦٠	%٤٥
Total	٥	٤	١٧	٥٤	١٢٣	٣٧	**٢٤٠**	**Overall Accuracy =60%**

Classes Abbreviation اختصارات الأصناف

(1) W= Water; **(2)** FC\F= Field crops\Farms; **(3)** FC\RL= Field crops\ Rangeland;
(4) BR\RL= Bare Rocks\ Rangeland; **(5)** BS= Bare Soil; **(6)** U\BR= Urban\ Bare Rocks.

٤-٤ مناقشة النتائج وتحليلها:

أولاً: منطقة مأدبا: لدى النظر إلى الشكل (٤-١٣) خارطة الغطاء الأرضي لمنطقة مأدبا بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة IsoData لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦م المعالجة رقمياً وكذلك الجدول (٤-٢) الذي يبين نتائج تقييم الدقة للتصنيف المطبق على نفس المنطقة نلاحظ مايلي:

- كانت الدقة الكلية للتصنيف غير المراقب لمرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة مأدبا ٦٥,٨%، حيث تباينت الدقة من ٥٠% لصنف الماء إلى ٩١% لصنف المحاصيل الحقلية عالية الكثافة وهذه النتيجة مشابهة لما توصلت إليه كثير من الدراسات بالنسبة لهذا الصنف مثل (دراسة Fawwaz *et al*, 1995 حصلت على دقة ٩٠%) و (دراسة Thiel, *et al*, 2006 حصلت على دقة بحدود ٩٠% أيضاً).
- ظهور مناطق كبيرة نسبياً في النصف الشرقي من خارطة منطقة مأدبا مغطى بالمياه ويعود السبب إلى نوعية التربة في هذه المنطقة ونفاذيتها القليلة بالنسبة لبقية الترب في أنحاء الخارطة بالإضافة إلى أن المرئية الرادارية لمنطقة مأدبا مأخوذة في الرابع والعشرين من شهر آذار عام ١٩٩٦م وهو من الأشهر التي تهطل فيها الأمطار في المملكة الأردنية الهاشمية، وظهر ذلك جلياً في الجدول (٤-٢) حيث كانت الدقة لصنف المياه في منطقة مأدبا ٥٠% وهي قليلة نسبياً.
- يظهر في الجدول (٤-٢) دقة جيدة جداً (٩١%) لصنف المحاصيل الحقلية عالية الكثافة و التي هي بمعظمها عبارة عن غابات من الأشجار دائمة الخضرة كالزيتون والأشجار الحراجية (معظمها من أشجار السرو) التي لا تتغير كثيراً بتغير فصول السنة بينما كانت دقة المحاصيل الحقلية المتدنية الكثافة أقل (حوالي ٥٥%) وذلك لأنها نباتات موسمية حيث تتغير كثافتها من فصل لآخر مما ينتج عنه اختلاف عن البيانات المرجعية.
- كما ظهر لدينا انخفاض في دقة صنف المناطق المدنية حيث كانت الدقة ٥٤,٥% وذلك لأن هذا الصنف يمكن اعتباره تجمعاً لباقي الأصناف الأخرى المستخدمة في عملية التصنيف لذلك كان هناك الكثير من الخلايا التي صنفت على أنها مناطق مدنية لم تكن بالفعل مناطق مدنية عند عملية المطابقة مع البيانات المرجعية.

ثانياً: منطقة دمشق: لدى النظر إلى الشكل (٤-١٥) خارطة الغطاء الأرضي لمنطقة دمشق بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة IsoData لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ٢٠٠٥م المعالجة رقمياً وكذلك الجدول (٤-٣) الذي يبين نتائج تقييم الدقة للتصنيف المستخدم نلاحظ مايلي:

- كانت الدقة الكلية للتصنيف غير المراقب لمرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة دمشق ٦٤,٣%، حيث تباينت الدقة من ٥٣% لصنف المحاصيل الحقلية المتدنية الكثافة إلى ٧٤% لصنف المحاصيل الحقلية عالية الكثافة وهي نتيجة مقاربة لما توصلت إليه دراسة (Sasan *et al,* 1997) بدقة حوالي ٧٢% و دراسة (Philippe *et al,* 2000) بدقة حوالي ٧٤,٦%.
- هناك انخفاض واضح في دقة الصنفين (ماء ٥٣,٦% وَ محاصيل متدنية الكثافة ٥٣%) والسبب الرئيسي هو تاريخ المرئية المأخوذة في عز فصل الشتاء في المنطقة وهو الرابع من شهر كانون الثاني عام ٢٠٠٥م حيث التربة في هذه الفترة مشبعة بالماء وخالية تقريباً من الأعشاب والنباتات التي تبدأ بالنمو في فصل الربيع وتشكل غطاء للتربة طيلة أيام السنة تقريباً.
- إن دقة صنف المناطق المدنية في منطقة دمشق هي بحدود ٦٢% وهي أفضل من دقة الصنف ذاته في منطقة مأدبا ويعود السبب إلى الكثافة السكنية في مدينة دمشق بالإضافة إلى قلة الصخور المكشوفة في المنطقة والتي قد تظهر أحياناً على المرئية الرادارية على أنها مناطق مدنية نظراً لانعكاسيتها الطيفية العالية كما في مناطق مأدبا والأزرق والبتراء.

ثالثاً: منطقة الأزرق: لدى النظر إلى الشكل (٤-١٦) خارطة الغطاء الأرضي لمنطقة الأزرق بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة IsoData لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٦م المعالجة رقمياً وكذلك الجدول (٤-٤) الذي يبين نتائج تقييم الدقة للتصنيف المستخدم في منطقة الأزرق نلاحظ مايلي:

- كانت الدقة الكلية للتصنيف غير المراقب لمرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة الأزرق ٥٧%، حيث تباينت الدقة من ٣٧,٣% لصنف المناطق المدنية إلى ٨٠% لصنف الماء المتمثل بالأحواض والبرك التي كانت مملوءة بالماء عند التقاط المرئية الرادارية لمنطقة الأزرق بتاريخ الخامس عشر من شهر آذار عام ١٩٩٦م.
- في وسط النصف الشمالي من الخارطة (الشكل ٤-١٦) نلاحظ وجود مناطق واسعة باللون الأبيض (المصنفة على أنها مناطق مدنية) يتخللها اللون الأصفر الغامق (صخور مكشوفة)

وهي بالتأكيد ليست مناطق مدنية بل هي في الواقع صخور بازلتية ذات انعكاسية عالية للطيف الكهرومغناطيسي كما هي الحال في المباني السكنية تتخللها صخور من أنواع أخرى من الكلس والسيليت، وبالتالي فإن انخفاض دقة صنف المناطق المدنية في منطقة الأزرق يعود لوجود الصخور البازلتية في المنطقة.

رابعاً: منطقة البتراء:

بالنسبة لمنطقة البتراء تم اختصار عدد الأصناف المستخدمة في التصنيف من ثمانية أصناف إلى ستة أصناف (الشكل ٤-١٧) حيث دمجت بعض الأصناف المتشابهة من حيث الانعكاسية الطيفية مثل الصخور المكشوفة والمناطق المدنية، المحاصيل الحقلية والمزارع وذلك لقلة التنوع في منطقة البتراء فهي ذات بيئة صحراوية فيها القليل من الحقول والأشجار المتفرقة بالإضافة بعض النباتات والشوكيات الصحراوية المتفرقة.

لدى النظر إلى الشكل (٤-١٧) الذي يبين خارطة الغطاء الأرضي لمنطقة البتراء بناءً على التصنيف غير المراقب باقتران البيانات المتماثلة IsoData لمرئية رادار الفتحة التركيبية SAR لعام ١٩٩٤م المعالجة رقمياً وكذلك الجدول (٤-٥) الذي يبين نتائج تقييم الدقة للتصنيف المستخدم نلاحظ مايلي:

- كانت الدقة الكلية للتصنيف غير المراقب لمرئية رادار الفتحة التركيبية لمنطقة البتراء ٦٠%، حيث تباينت الدقة من ٤٠% لصنف المحاصيل الحقلية و المزارع إلى ٨٣% تقريباً لصنف التربة المكشوفة.
- وجود النباتات والشجيرات في الزاوية الشرقية من الخارطة وهذا دليل على تربة رسوبية جيدة في هذه المنطقة قادرة على الاحتفاظ بالماء.
- وجود بقع سوداء كثيرة في وسط الخارطة وهي ناتجة عن ظاهرة الظل في المرئية الرادارية نظراً لوعورة المنطقة وكثرة تعرجاتها وتضاريسها.

الفصل الخامس
الاستنتاجات والتوصيات

الفصل الخامس
الاستنتاجات و التوصيات

٥-١ الاستنتاجات:

من خلال مراحل هذه الدراسة ونتائجها يمكن أن نستنتج النقاط التالية:

a) أظهرت جداول تقييم الدقة (الفقرة ٤-٣) لطريقة التصنيف غير المراقب بـاقتران البيانـات المتماثلة IsoData للمرئيات الرادارية اختلاف الدقة الكلية للتصنيف من منطقـة لأخـرى حيث كانت الدقة الكلية للتصنيف (٦٥,٨%، ٦٤,٣%، ٥٧%، ٦٠%) لكل من منطقة مأدبا، دمشق، الأزرق، البتراء على التوالي.

b) اختلاف مقدار الدقة من صنف لآخر في كل منطقة من مناطق الدراسة، وكـذلك اخـتلاف الدقة لنفس الصنف من منطقة لأخرى. وبشكل عام نلاحظ ارتفاع في دقة الأصناف النباتيـة وذلك لأن كل المرئيات المستخدمة في الدراسة كانت في نطاق الحزمة C (٥,٧سم) وهـذا هو الطول الموجي المناسب لدراسة الغطاء النباتي.

c) نلاحظ انخفاض ملحوظ في دقة الأصناف في منطقة البتراء (نصفها كانت دقتـه أقـل مـن ٥٠%) وذلك لوجود منطقة ذات تضاريس حادة جداً في المنطقة القريبة من الوسط كما هو واضح في الشكل (٤-١٧) وذلك لتأثُّر المرئيات الرادارية بالتضاريس.

d) نلاحظ تأثير واضح لوجود الصخور البازلتية في منطقة الأزرق على دقة صنف المنـاطق المدنية حيث ظهر البازلت في المرئية الرادارية بلون أبيض واضح مثل المبـاني الـسكنية وبالتالي انخفضت دقة هذا الصنف كثيراً في هذه المنطقة حيث كانت ٣٧,٣%، وكانت دقته في بقية المناطق أفضل ولكنها قليلة نسبياً لأنه يعتبر تحمعاً للأصناف الأخرى.

e) نلاحظ من الدراسة تأثير واضح لتاريخ المرئية بالنسبة إلى شهور السنة على دقة الأصناف في كل منطقة من مناطق الدراسة وخاصة صنفي الماء و الغطاء النباتي الموسمي، وذلـك لتأثر الموجة الرادارية برطوبة التربة وخشونة سطحها بشكل أساسي كما أظهرت الكثير من الدراسات السابقة.

f) نلاحظ من الشكل (٤-١٣) الذي يبين خارطة مأدبا وجود نوعية جيدة من التربة في المنطقة الواقعة شرق مدينة مأدبا وخاصة حول المطار حيث أظهرت هذه رطوبة عالية وكثافة فـي الغطاء النباتي على خلاف المنطقة القريبة من شاطىء البحر الميت.

٥-٢ التوصيات:

١- استخدام المرئيات الرادارية (وخاصة الحزمة C) لمراقبة الغابات في المملكة الأردنية الهاشمية في منطقة عجلون وغيرها وقطع الأشجار فيها وإدارتها حيث أعطى استخدام المرئيات الرادارية دقة عالية لهذا الصنف.

٢- عند استخدام المرئيات الرادارية ينصح باختيار تاريخ التقاط المرئية بحيث يناسب هدف الدراسة وخاصة ما يتعلق بدراسات المياه و رطوبة التربة والنباتات العشبية الموسمية.

٣- عند استخدام المرئيات الرادارية في منطة تكثر فيها الصخور البازلتية ينصح باستخدام طريقة القناع Mask للإشارة للمناطق المدنية لزيادة دقته في حال كان هناك أهمية لهذا الصنف في الدراسة.

٤- استخدام المرئيات الرادارية في إدارة البادية الأردنية واستثمارها حيث يمكن باستخدامها في أوقات معينة من السنة تحديد مناطق انتشار الترب القادرة على الاحتفاظ بالرطوبة وبالتالي إمكانية استثمار هذه المناطق وتطويرها بأقل التكاليف.



المراجع

المراجع العربية

١- الجهاز القومي لتنظيم الاتـصالات، National Telecommunication Regulatory) (Authority، NTRA، **نظام تحديد المواقع العالمي & نظام تحديد مواقـع المركبـات آليـاً GPS & AVL، Global Positioning System (GPS) & Automatic Vehicle Location (AVL)** ، الجمهورية العربية المصرية، تشرين الثاني ٢٠٠٦م.

٢- القاعود، ابراهيم، **تطوير مناهج الجغرافية في ضوء تقنيات الاستشعار عن بعد: الـصور الجوية والفضائية**، المكتبة الوطنية، عمّان، ١٩٩١م.

٣- القضاة، علي نوح، **دراسة التصحر في حوض ابن حماد باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة آل البيت، ٢٠٠٠م.

٤- المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، **المساحة: الاستـشعار عـن بعـد، ٢١٥ مسح**، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية الـسعودية،١٠٠ صـفحة، ١٤٢٦هـ- ٢٠٠٥م.

٥- المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني، **المساحة: الاستشعار عن بعـد، الـصف الثالث**، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية الـسعودية،٥٠ صـفحة، نسخة أولية ١٤٢٦هـ- ٢٠٠٥م.

٦- المومني، محمد عوض، **استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافيـة في دراسة ظاهرة الزحف السكاني على الغابات، تطبيق على منـاطق عجلـون**، رسـالة ماجستير غير منشورة، حامعة آل البيت، ٢٠٠١م.

٧- توماس.م.ليلساند، رالف.و.كيفر، **الاستشعار عن بعد وتفسير المرئيات**، ترجمة الـدكتور حسن حلمي خاروف، تدقيق الدكتور فؤاد العجل، المركز العربـي للتعريـب والترجمـة والتأليف والنشر، ١٩٩٤م.

٨- ربابعة، محمود محمد أحمد، **استخدام صور رادار الفتحة التركيبية و لاندسـات لدراسـة أنماط النبات في حوض البحر الميـت**، رسـالة ماجـستير غيـر منـشورة، جامعـة آل البيت،٢٠٠٣م.

٩- طربوش، أمين، **الاستشعار عن بعد**، جامعة دمشق، مطبعة ابن حيان، دمشق، ١٩٨٨م.

١٠-عبد الهادي، عبد رب النبي محمد، **مرجع الاستشعار عن بعد: علـم وتطبيـق**، الطبعـة الأولى، دار الجامعيين للطباعة والتجليد، الإسكندرية، ٢٠٠٠م.

١١-محمد، سراج محمد، **الاستشعار عن بعد**، الجزء الثاني، سلسلة العلم والحياة (٥٢)، الهيئة المصرية العامة للكتاب،١٩٩٤م.

١٢-محمد، عدنان، **أنظمة الأقمار الصناعية العالمية لتحديد المواقع – GPS – Galileo Glonass**، جامعة البعث، حمص، ٢٠٠٣ م.

١٣-ملكاوي، عمر عبدالله، **دراسة التصحر في حوض الأزرق باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد**، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة آل البيت، ١٩٩٧م.

المراجع الأجنبية

Al-Bilbisi, H., Tateishi, R., and Tetuko, J., Chiba university, Japan, October 2004, **A technique to estimate topsoil thickness in arid and semi-arid areas of north-eastern Jordan using synthetic aperture radar data,** International Journal of Remote Sensing, vol. 25, No. 19, PP. 3873-3882.

Ayyad, M. A., Salem, B. B., Clarke, J., and Noin, D., 1997, **Monitoring human impact on land cover by remote sensing, Case study of the Mediterranean desert of Egypt,** In: Population and Environment in Arid regions, Proceeding of a conference on population and in environment in arid regions, 24-27 October 1997, pp. 89-101.

Baban, S., M., J., and Yusof, K., W., , 2001, **Mapping and land use\cover distribution on a mountainous tropical island using remote sensing and GIS,** International Journal of remote sensing, PP.1909-1918.

Barrett, C., Leonard, F., 1992, **Introduction to Environmental Remote Sensing**, 3rd edition, Chapman and Hall, London.

Battikhi, A., M., Tansey, K., J., Millington A., C., White K., H., October 1999, **Monitoring soil moisture dynamics using satellite imaging radar in northeastern Jordan**, Applied Geography, Vol. 19, Issue 4, PP 325-344.

Bell, J., 2007, **Basic GPS Navigation: A practical guide to GPS navigation,** 170 Pages, www.smallboatgps.com.

Blewitt, G., 1997, **Basics of the GPS Technique: Observation Equations,** University of Newcastle, United Kingdom, 46 Pages.

CCRS (A Canada Centre for Remote Sensing), 2005, **Fundamentals of Remote Sensing: Remote Sensing Tutorial**, Natural Resources Canada, 258 Pages.

CCRS (A Canada Centre for Remote Sensing), 2005, **RADAR Systems**, Natural Resources Canada, 16 Pages.

Chosa, T., Omine, M., Itani, K., January 2006, **Dynamic performance of**

global positioning system velocity sensor for extremely accurate positioning, National Agricultural Research Center, Japan, ELSEVIER, Biosystems Engineering 97 (2007), PP. 3 – 9.

Coast Guard, Fisheries and Oceans, 2000 Edition, **GPS & DGPS Made Easy**, Canada, 25 Pages.

Cranknell, A., P., Hayes, L., W., 1991, **Introduction to remote sensing,** 1st edition, Taylor and Fracis, London.

Curran, P., J., 1988, **Principles of remote sensing,** 3rd edition, Longman Group Ltd, England.

Dalati, M., 2003**, The Role of Remote Sensing in Detecting Active and Fresh Faulting Zones, case study: Northwest of Syria, AL-Ghab Graben Complex**, Damascus, 5 Pages.

Daniel B., M., Marcus L., Petter P., 2000, **Comparison of Algorithms for Classifying Swedish Land-cover Using Landsat TM and ERS-1 SAR Data**, Remote Sensing of Environment, Vol. 71, Issue 1, PP 1-15.

David P. L., 1999, **Introduction to Microwave Remote Sensing**, Michigan State University, 84 pages.

David P. L., Ph.D. 1999, **Introduction to Environmental Remote Sensing**, Michigan State University, 247 pages.

Edward J., D., 2000, **An Overview of the Global Positioning Satellite System (GPS**), 44 Pages.

Elliott, D., Kaplan, 1996, **Understanding GPS: Principles and Applications**, Boston, London.

Engen G., Vachon P., W., Johnsen H., Dobson F., W., 1999, **Retrieval of Ocean Wave Spectra and RAR MTFs from Dual-Polarization SAR Data**, Fisheries and Oceans Canada, Bedford Institute of Oceanography, Canada.

ERDAS, 1999, **Field Guide™,** Fifth Edition, Revised and Expanded, Printed in the United States of America, 672 pages. Copyright (c) 1982-1999 ERDAS, Inc.

Fawwaz T., U., Craig D., M., and Leland E., P., 1995, **Land-cover Classification and Estimation of Terrain Attributes Using Synthetic Aperture Radar,** Remote Sensing of Environment, Volume 51, Issue 1, PP 199-214.

Garmin Corporation, December 2000, **GPS guide for beginners**, Garmin International, Inc., Part No. 190-0022400 Rev. A, Printed in U.S.A, 20 Pages. www.garmin.com.

Garmin Corporation, July 2001, **GPS 76: Owner's Manual & Reference Guide,** Garmin International, Inc., Part No. 190-00229-00 Rev. B, Printed in Taiwan, 75 Pages.

GORS (General Organization of Remote Sensing), 2005, **Remote Sensing Tutorial**, Damascus.

Hirata, M., Koga, N., Shingo, H., Fujita, H., Gintzburger, G., Miyazaki, A., 2001, **Vegetation classification by satellite image processing in dry area of northeastern Syria,** International Journal of remote sensing, pp. 507-516.

Hord, M., 1986, **Remote sensing: Methods and Applications**, New York.

Houdong, G., 2000, **Spaceborne and Airborne SAR for Target Detection and Flood Monitoring,** Photogammetric Engineering and remote sensing, Vol. 5, Issue 1, pp. 611-617.

Hudson, J., R., Sharp, T., 2001**, Globally Corrected GPS (GcGPS): C-Nav GPS System**, Dynamic Positioning Conference, September 18-19, 2001**,** 13 Pages.

JARS (Japan Association on Remote Sensing), 1993, **Remote Sensing Note**, 1st edition, Tokyo.

Jean, M., Z.**,** 2002, **GPS Basics: Introduction to the system, Application overview**, Doc Id GPS-X-02007, Switzerland, 94 Pages. www.u-blox.com.

Jensen, J. R., 2005, **Principles of Remote Sensing**, University of South Carolina, Columbia.

Jensen, J., R., 1986, **Introductory Digital Image Processing: Remote Sensing Perspective**, 1st edition, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey.

Kintner P., M., Ledvina, B., M., June 2004, **The Ionosphere, Radio Navigation, and Global Navigation Satellite Systems,** Cornell University, Ithaca, USA, ELSEVIER, Advances in Space Research 35 (2005), PP. 788–811.

Leica, 1999, **GPS Basics: Introduction to GPS**, 713282-1.0.0en, Printed in Switzerland, Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, www.leica-geosystems.com.

Linlin G., Rizos, C., Shaowei H., 2001, **Mining Subsidence Monitoring Using The Combined INSAR and GPS Approach**, School of Geomatic Engineering, University of New South Wales, Sydney, Australia, 10 Pages.

Macey, J., P., **PhotoRealistic RenderMan Application Note**, 2006.

Mendes P., J., Heinkelmann, R., Boehm, J., Weber, R., Schuh, H.**,** August 2005, **Contributions of GPS and VLBI for understanding station motions,** Vienna University of Technology, Vienna**,** ELSEVIER**,** Journal of Geodynamics 41 (2006), PP 87–93.

Metternicht G., I., 1998, **Fuzzy classification of JERS-1 SAR data: an evaluation of its performance for soil salinity mapping,** Ecological Modeling, Volume 111, Issue 1, PP 61-74.

Mickler, D., Axelrad, P., Born, G., December 2002, **Using GPS Reflections for Satellite Remote Sensing,** The University of Colorado, Boulder, USA, ELSEVIER, Acta Astronautica 55 (2004), PP. 39 – 49.

NAVSTAR GPS, 1996, **User Equipment: Introduction,** Public Release Version, September 215 Pages.

NAVSTAR GPS, December 2004, **Interface Specification**, **Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces**, IS-GPS-200, Revision D, 193 Pages.

PCI, Using PCI Software, Vol. 1 (Ontario: PCI Inc), 1997.

Philippe M., Gianfranco G., Jean M., 2000, **Central African Forest Cover Revisited: A Multisatellite Analysis**, Remote Sensing of Environment, Volume 71, Issue 2, PP 183-196**.**

Richard C. D., Robert H. H., January 2001, **Using Global Positioning Systems (GPS): How it Works, Limitations, and Some Guidelines for Operation,** Washington Department of Ecology, 45 Pages.

Richason, J., Benjamin, F., 1983, **Introduction to Remote Sensing of Environment,** 2nd edition, Kendall Hunt Publishing Company, USA.

Robert R., H., Markman**,** A., B., 2000, **Interpreting Remote Sensing Imagery: Human Factors**, New York.

Sabins, F., 1997, **Remote Sensing: Principle and Interpretation,** Freeman and Company, New York, USA.

Sasan S., Jo?o V., Diogenes S., A., 1997, **Mapping deforestation and land use in Amazon rainforest by using SIR-C imagery,** Remote Sensing of Environment, Vol. 59, Issue 2, PP 191-202.

Schand, E., 1986, **Physical Fundamentals of Remote Sensing,** Spinger Verlage Berlin Heidelberg, Germany.

Schowengerdt, R., A., 1997, **Remote Sensing: Models and Method for Image Processing,** 2nd edition, Academy press, London.

Segall and Davis, 1997, **Global Positioning System (GPS),** 51 Pages.

Siemens Mobile, 2004, **GPS introduction**. www.siemens-mobile.com/wm.

Swain, S., Davis, M., 1978, **Remote Sensing: The Quantitative Approach**, Edited by Philip H. McGraw-Hill, Inc.

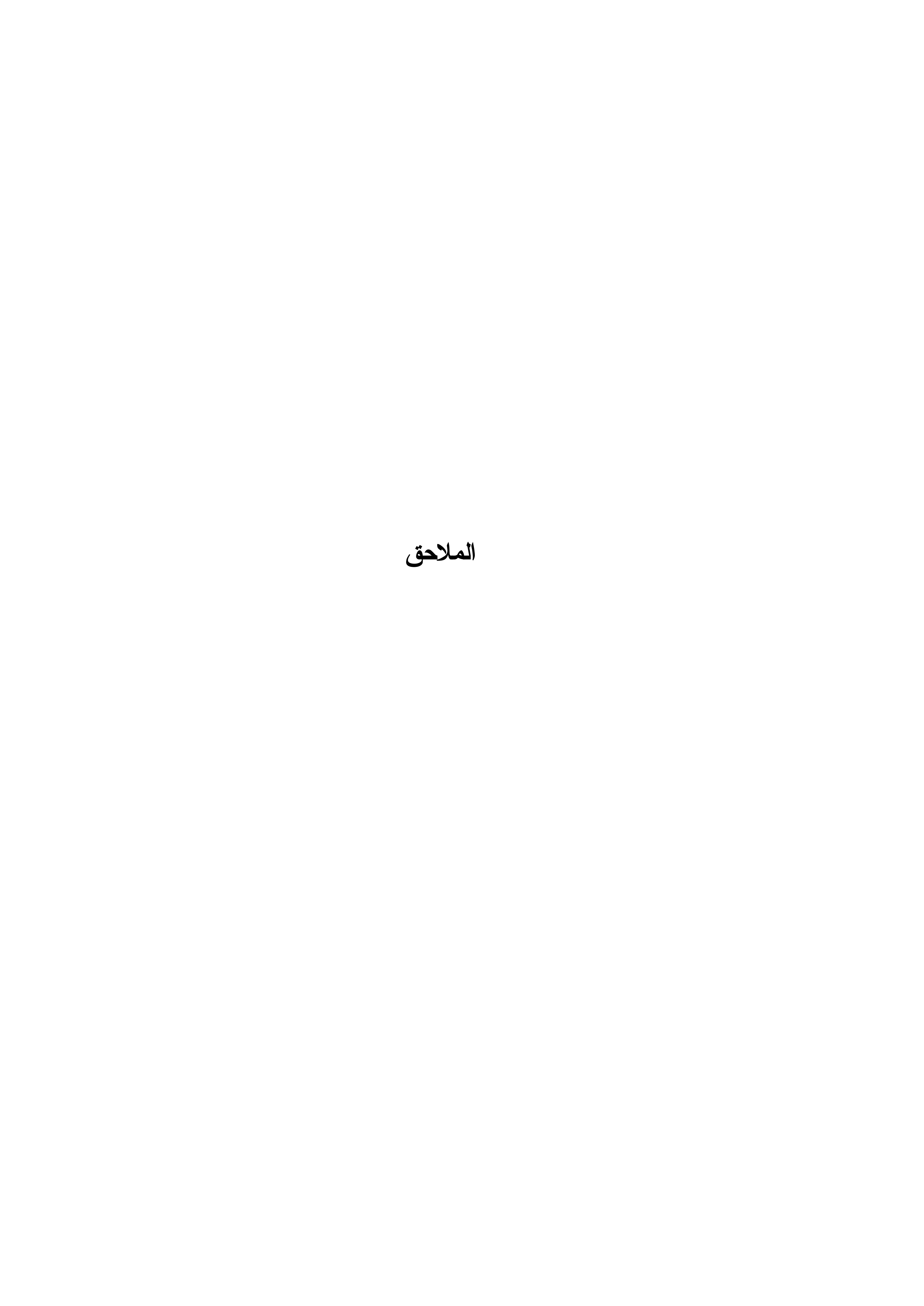
Thiel C., Drezet P., Weise C., Quegan S., Schmullius C., 2006, **Radar Remote Sensing For The Delineation Of Forest Cover Maps And The Detection Of Deforestation,** Oxford Journals, Life Sciences, Forestry, Vol. 79, No. 5, pp 589-597.

Xiuwan, C., 2002, **Using Remote Sensing and GIS to analyze land cover and its impacts on regional sustainable development,** International Journal of Remote Sensing, pp. 107-124.

Zhou Wang, 2006, **Introduction to Digital Image Processing,** University of Texas at Arlington.

المواقع الالكترونية

1- www.nasm.edu.
2- www.ccrs.nrcan.gc.ca.
3- www.aero.org.
4- www.cas.sc.edu.
5- www.dr-algarni.net.
6- www.eurimage.com.
7- www.mdacorporation.com.
8- www.ksc.nasa.gov.
9- www.smallboatgps.com.
10- www.leica-geosystems.com.
11- www.u-blox.com.
12- www.garmin.com.
13- www.elsevier.com.
14- www.sciencedirect.com.
15- www.esa.int.



الملاحق

الملحق رقم (١)

نطاقات الحزم المستخدمة في الاستشعار عن بعد

Bandwidths Used in Remote Sensing

(ERDAS, FieldGuide, 1999)

Band Designation*	**Wavelength (λ), cm** **طول الموجة بالسنتيمتر**	**Frequency (υ), GHz** **التردد بالجيغاهرتز**
Ka (0.86 cm)	0.8 to 1.1	40.0 to 26.5
K	1.1 to 1.7	26.5 to 18.0
Ku	1.7 to 2.4	18.0 to 12.5
X (3.0 cm, 3.2 cm)	2.4 to 3.8	12.5 to 8.0
C (5.7 cm)	3.8 to 7.5	8.0 to 4.0
S	7.5 to 15.0	4.0 to 2.0
L (23.5 cm, 25.0 cm)	15.0 to 30.0	2.0 to 1.0
P	30.0 to 100.0	1.0 to 0.3

* Wavelengths commonly used in imaging radars are shown in parentheses.

* الأرقام داخل الأقواس تدل على الأطوال الموجية الشهيرة المستخدمة في الرادارات التصويرية.

الملحق رقم (٢)

الأنظمة المدارية السابقة والحالية للـــ SAR
Past and Current Orbital SAR Systems

Parameters	Seasat	SIR-A	SIR-B	Almaz	SIR-C/X SAR	ERS-1	JERS-1
Country	USA	USA	USA	USSR	USA	Europe	Japan
Launch Date	Jun. 1978	Nov. 1981	Oct. 1984	Mar. 1991	Apr. 1994	Jul. 1991	Feb. 1992
Lifetime (design)	3 months	2.5 days	8 days	2 years	Each 11 days	3 year	2 year
Band	L	L	L	S	L, C, X	C	L
Wavelength (cm)	23.5	23.5	23.5	10	23.9, 5.7, 9.6	5.7	23.5
Polarization	HH	HH	HH	HH	L and C Quad Pol X (VV)	VV	HH
Nominal Incident Angle (°)	23	50	15 -64	30 - 60	15 - 50	23	38
Nominal Ground Range Resolution (m)	25	40	25	15 - 30	10 - 26	26	18
Nominal Azimuth Resolution (m)	25	40	17 – 58	15	30	28	18
No. of Looks	4	6	4	> 4	4	3	3
Swath Width (km)	100	50	10-60	20 - 45	15 – 60	100	75
Repeat Cycle (days)	17, 3	-	-	-	-	3, 35, 176	44

الملحق رقم (٢) – (تتمّة)

الأنظمة المدارية السابقة والحالية للـــ SAR
Past and Current Orbital SAR Systems

Parameters	ERS-2	RADARSAT-1	Envisat-1 ASAR	RADARSAT-2
Country	Europe	Canada	Europe	Canada
Launch Date	Apr. 1995	Nov. 1995	2001	2001
Lifetime (design)	3 years	5 years	5 years	5 year
Band	C	C	C	C
Wavelength (cm)	5.7	5.7	5.6	5.6
Polarization	VV	HH	Note 1	Note 2
Nominal Incident Angle (°)	23	10-59	15 -45	10-60
Nominal Ground Range Resolution (m)	26	10-100	30-1000	3-100
Nominal Azimuth Resolution (m)	28	9-100	30-100	3-100
No. of Looks	3	1-8	8	1-8
Swath Width (km)	100	50-500	60-405	10-500
Repeat Cycle (days)	35	24	35	24

1. Note 1: Envisat polarizations: HH or VV or HH+VV or HH+HV or VV+VH
2. Note 4: RADARSAT-2 polarizations: HH or VV or HV or VH or HH+HV or VV+VH or HH+HV+VH+VV

الملحق رقم (٣)

وصف خوارزميات التحسين المتوفرة في برنامج ERDAS 8.4

Description of Modeling Functions Available for Enhancement

(ERDAS FieldGuide, 1999)

Function	Description
SPATIAL ENHANCEMENT	**These functions enhance the image using the values of individual and surrounding pixels.**
Convolution	Uses a matrix to average small sets of pixels across an image.
Non-directional Edge	Averages the results from two orthogonal 1st derivative edge detectors.
Focal Analysis	Enables you to perform one of several analyses on class values in an image file using a process similar to convolution filtering.
Texture	Defines texture as a quantitative characteristic in an image.
Adaptive Filter	Varies the contrast stretch for each pixel depending upon the DN values in the surrounding moving window.
Statistical Filter	Produces the pixel output DN by averaging pixels within a moving window that fall within a statistically defined range.
Resolution Merge	Merges imagery of differing spatial resolutions.
Crisp	Sharpens the overall scene luminance without distorting the thematic content of the image.
RADIOMETRIC ENHANCEMENT	**These functions enhance the image using the values of individual pixels within each band.**
LUT (Lookup Table) Stretch	Creates an output image that contains the data values as modified by a lookup table.
Histogram Equalization	Redistributes pixel values with a nonlinear contrast stretch so that there are approximately the same number of pixels with each value within a range.
Histogram Match	Mathematically determines a lookup table that converts the histogram of one image to resemble the histogram of another.
Brightness Inversion	Allows both linear and nonlinear reversal of the image intensity range.
Haze Reduction	Dehazes Landsat 4 and 5 TM data and panchromatic data.
Noise Reduction	Removes noise using an adaptive filter.

Destripe TM Data	Removes striping from a raw TM4 or TM5 data file.
SPECTRAL ENHANCEMENT	**These functions enhance the image by transforming the values of each pixel on a multiband basis.**
Principal Components	Compresses redundant data values into fewer bands, which are often more interpretable than the source data.
Inverse Principal Components	Performs an inverse principal components analysis.
Decorrelation Stretch	Applies a contrast stretch to the principal components of an image.
Tasseled Cap	Rotates the data structure axes to optimize data viewing for vegetation studies.
RGB to IHS	Transforms red, green, blue values to intensity, hue, saturation values.
IHS to RGB	Transforms intensity, hue, saturation values to red, green, blue values.
Indices	Performs band ratios that are commonly used in mineral and vegetation studies.
Natural Color	Simulates natural color for TM data.
FOURIER ANALYSIS	**These functions enhance the image by applying a Fourier Transform to the data. NOTE: These functions are currently view only—no manipulation is allowed.**
Fourier Transform	Enables you to utilize a highly efficient version of the Discrete Fourier Transform (DFT).
Fourier Transform Editor	Enables you to edit Fourier images using many interactive tools and filters.
Inverse Fourier Transform	Computes the inverse two-dimensional Fast Fourier Transform (FFT) of the spectrum stored.
Fourier Magnitude	Converts the Fourier Transform image into the more familiar Fourier Magnitude image.
Periodic Noise Removal	Automatically removes striping and other periodic noise from images.
Homomorphic Filter	Enhances imagery using an illumination/reflectance model.

الملحق رقم (٤)

خارطة المملكة الأردنية الهاشمية المستخدمة في تحديد مناطق الدراسة عليها

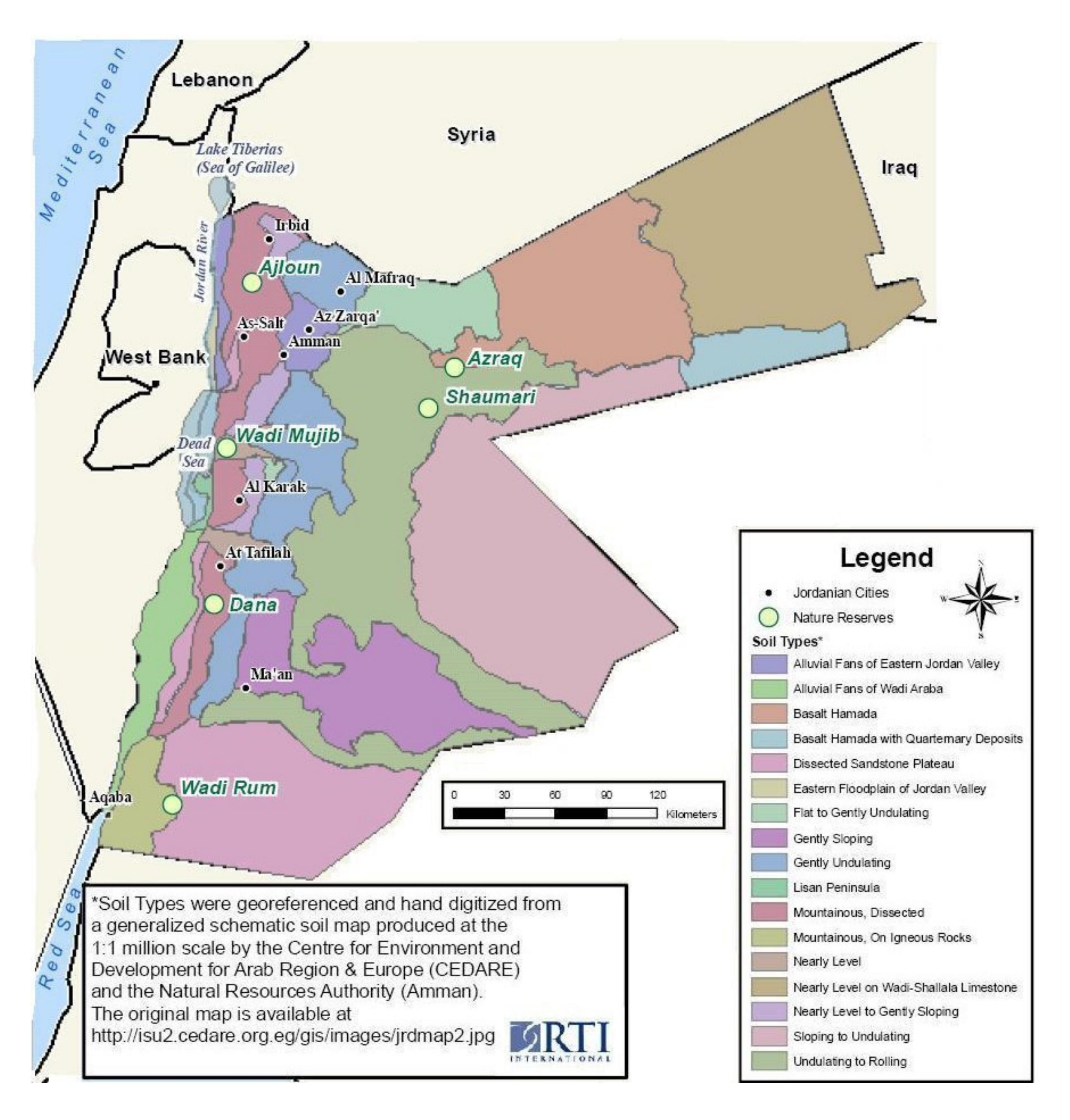
(www.washingtoninstitute.org/mapImages/41dec02d11cca.jpg)



الملحق رقم (٥)

Soil Map of Jordan خارطة أنواع التربة في الأردن

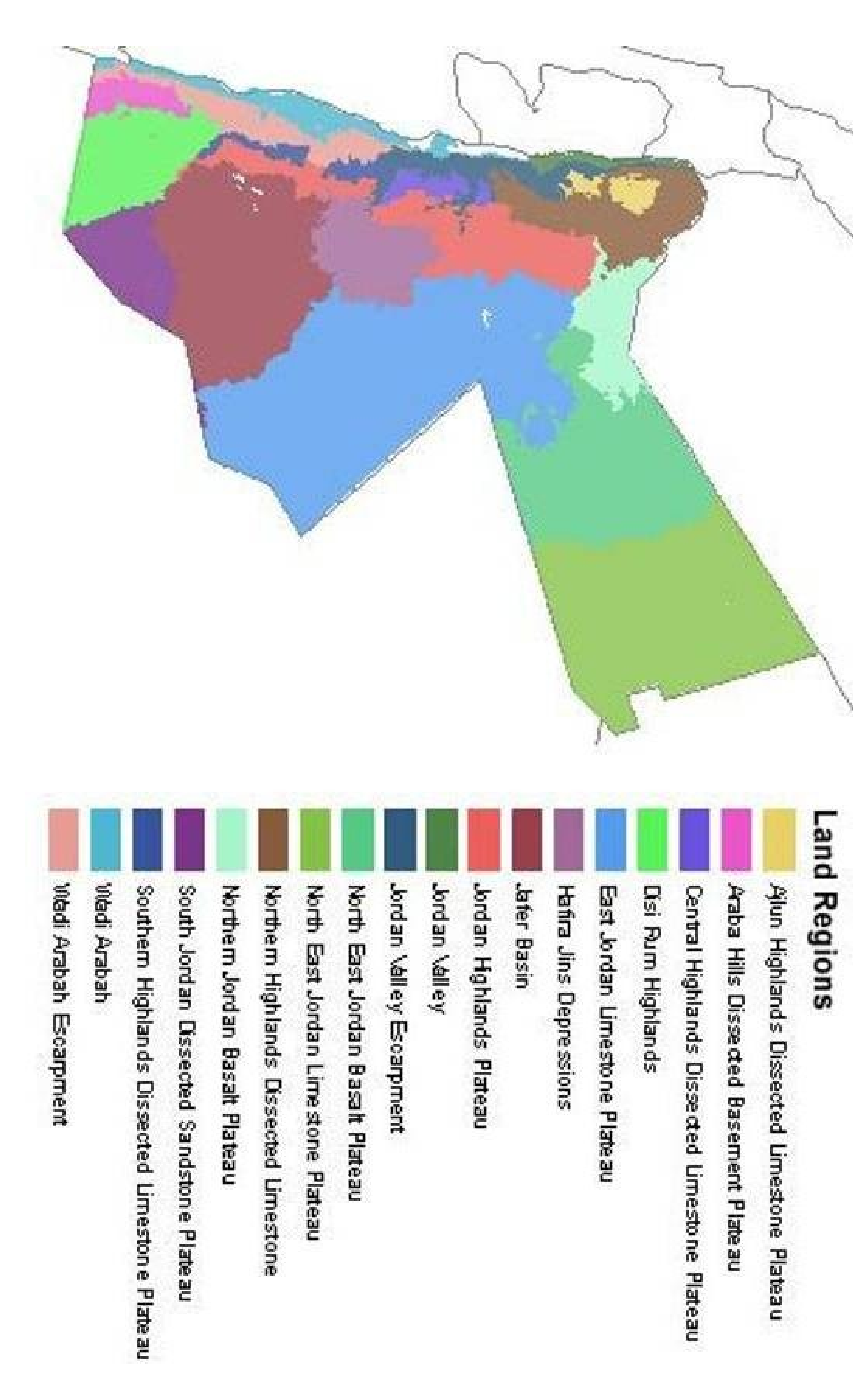
(Center for Environment and Development for Arab Region & Europe (CEDARE), and the Natural Resources Authority (Amman)).



الملحق رقم (٦)

خارطة تقسيمات المناطق في الأردن Land Regions in Jordan

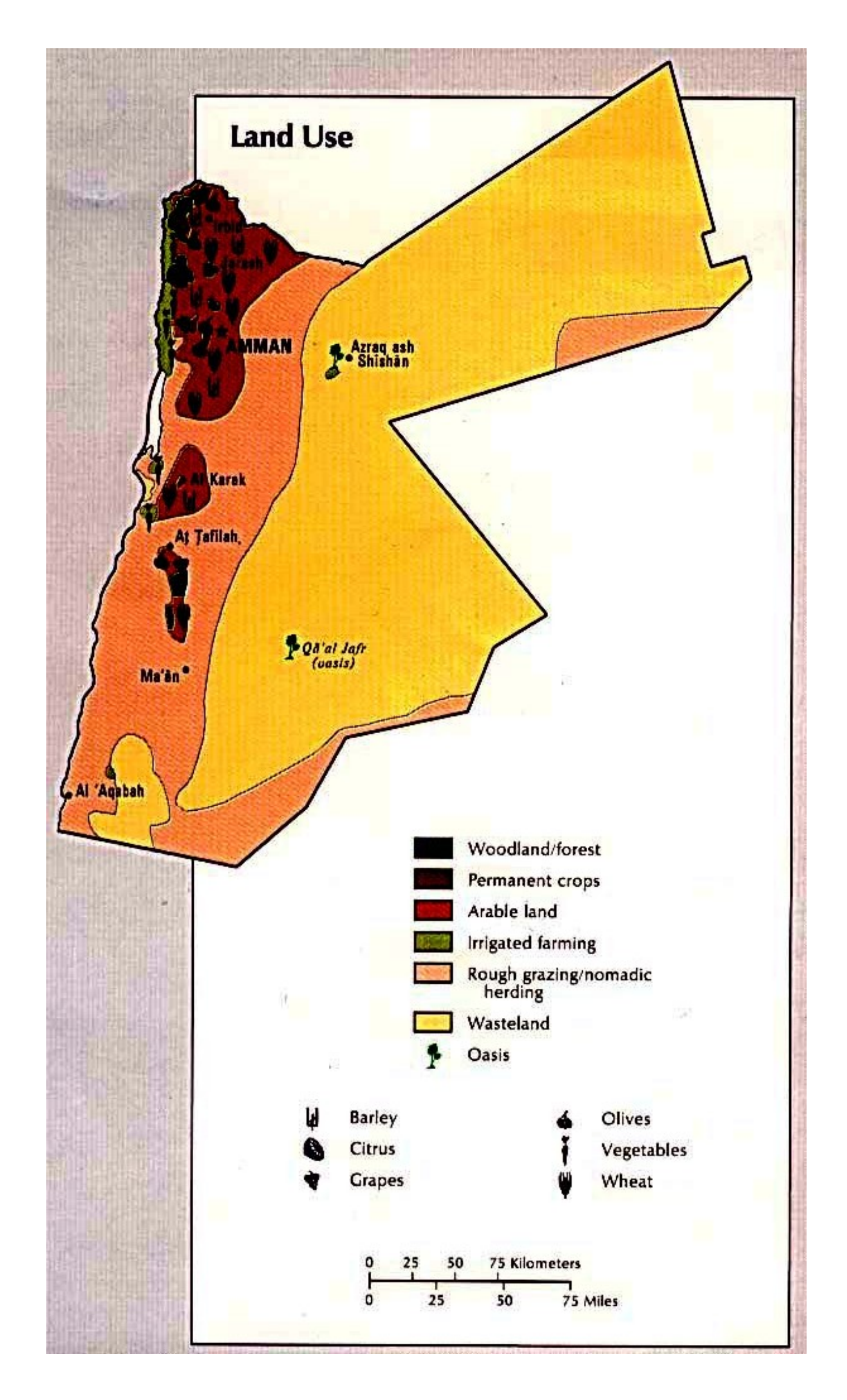
(Soil maps were produced through a national project (National Soil Map and Land Use Project, NSMLUP) conducted jointly by the Ministry of Agriculture (MOA), the Royal Jordanian Geographic Centre and Huntings Technical Service (UK) during the period of 1989-1995).



الملحق رقم (٧)

خارطة استخدامات الأراضي في الأردن Land Use Map of Jordan

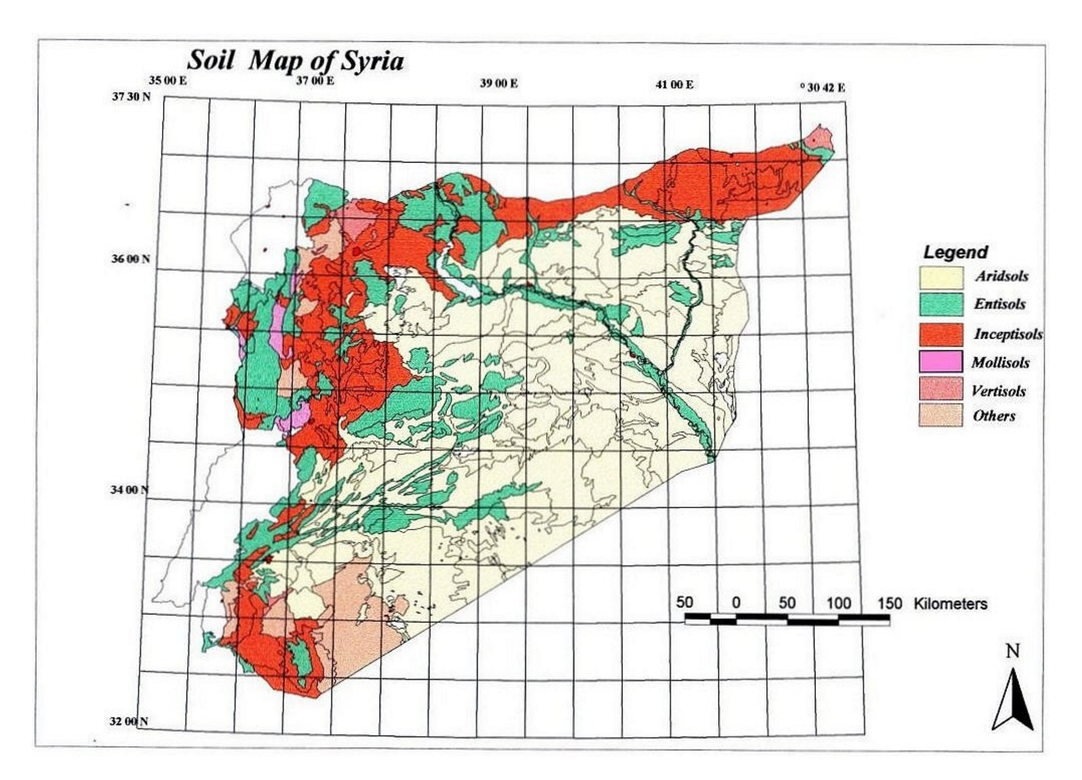
The University of Texas At Austin Laboratories
(http://www.lib.utexas.edu/maps/atlas_middle_east/jordan_land.jpg)



الملحق رقم (٨)

خارطة أنواع التربة في سورية Soil Map of Syria

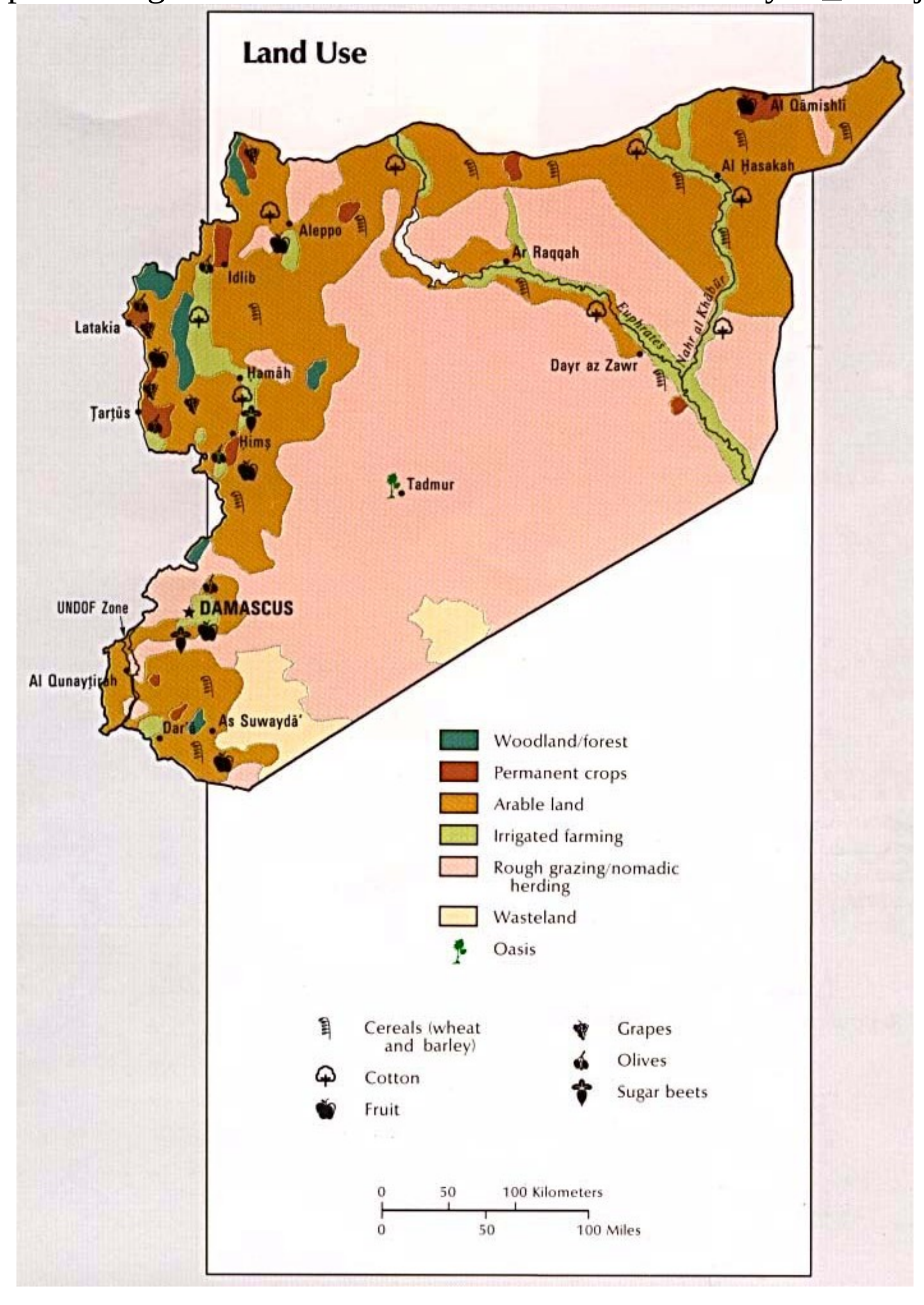
(http://www.fao.org/ag/agl/swlwpnr/reports/y_nr/z_sy/symp222.htm)



الملحق رقم (٩)

خارطة استخدامات الأراضي في سورية Land Use Map of Syria

(http://www.geocities.com/SouthBeach/Shores/5270/syria_land.jpg)



Abstract

Synthetic Aperture Radar (SAR) and Global Positioning System (GPS) Techniques in Remote Sensing (RS)
(Data Collection and Analysis)

Raki S. OMRAN
Supervisor: Dr. Rafik KANDALYAN

In this study four radar images, taken by synthetic aperture radar from different satellites, were used in four regions: three in Jordan (Madaba of area about 51 km × 41 km, Al-Azraq of area about 95 km × 66 km, Al-Petra of area about 67 km × 26 km) and one in Syrian Arab Republic (Damascus of area about 113 km × 101 km) to product land-cover maps for these regions by using image digital analysis. The radar images were treated by using ERDAS software where Unsupervised Classification IsoData Algorithm was applied for each image.

Using GPS in this project increased the accuracy of positions of field samples (less than 5 metres) and subsequently the accuracy assessment was improved. Then, by using confusion matrix, results of image digital analysis had shown that the overall accuracy of unsupervised classification differs from image to another where the overall accuracies of unsupervised classification for Madaba, Damascus, Al-Azraq, and Al-Petra were: 65.8%, 64.3%, 57%, and 60% respectively.

The results of study had shown an accuracy differences among the species in the same region and from region to another, also they had shown high accuracy for forests and field crops of high density and low accuracy for urban.

According to the results, it can be strongly recommended to use synthetic aperture radar images for land-cover studies, especially for forests.